차　　례

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《물리학을 선차적으로 발전시켜야 합니다. 물리학을 선차적으로 발전시켜야 나라의 과학기술을 빨리 발전시켜나갈수 있습니다.》

물리학을 선차적으로 발전시키는것은 나라의 과학기술을 빨리 발전시켜나가는데서 매우 중요한 자리를 차지한다.

경애하는 장군님의 선군혁명령도를 높이 받들고 사회주의강성대국건설에 적극 이바지하려면 현대과학기술의 기초로 되는 물리지식을 폭넓고 깊이있게 소유하고 그것을 활용해나가기 위한 능력을 가져야 한다.

이 참고서는 중학교를 졸업한 학생들이 대학입학시험을 자체로 준비하는데 도움을 주는것을 목적으로 하여 편집하였다.

참고서는 중학교의 물리교육내용전반을 편리상 16개의 장으로 나누어 중점적으로 서술하였다.

매 장들의 앞부분에서는 물리학의 개념들과 현상들, 원리와 법칙들을 정식화하고 공식을 주는 등 리론들을 전개하였다. 대다수의 공식들은 중학교과정에 이미 배웠다는것을 전제로 하여 그의 유도과정을 될수록 피하고 결과식과 그 물리적의미를 밝혀주어 문제풀이에 도움이 되도록 하였다.

매 장들의 뒤부분에는 그 장의 내용을 인식하고 응용하는데 필요한 <련습문제>들을 폭넓고 다양하게 주었으며 매 문제들에는 <풀이방향>을 간단히 주고 정량문제들에는 답을 소개하여 문제풀이에 참고되게 하였다. 그리하여 이 참고서의 모든 련습문제들을 자체로 능숙히 풀수 있게 되면 중학교의 물리내용을 정통할수 있으며 얼마든지 대학입학시험을 원만히 치를수 있도록 하였다.

참고서의 마지막부분에는 최근 2001년부터 2009년까지의 대학입학시험에 나왔던 문제들을 풀이와 함께 답까지 주었으므로 이 책에 있는 리론학습과 문제풀이가 끝나면 자기의 대학입학시험준비가 어느 정도인가를 검토해볼수 있도록 하였다. 동무들은 문제풀이를 하면서 물리리론들을 충분히 리해한데 기초하여야 하며 풀이과정에 문제의 조건과 물음을 정확히 파악하고 <풀이방향>에 저적된

내용을 참고로 하여 문제를 풀면서 그 과정에 물리리론들을 더 깊이 리해하고 공고히 다지는 응용능력을 키워나가야 한다.

끝으로 부록에 <찾아보기>를 주어 련습문제풀이에 필요한 리론들을 편리하게 재빨리 찾아볼수 있도록 하였다.

앞으로 동무들이 우리 당의 과학중시사상을 높이 받들고 물리학습을 잘하여 사회주의 강성대국건설에 적극 이바지할수 있는 혁명인재들로 준비해나가기를 바란다.

제1장. 힘과 평형

제1절. 힘과 그의 표시

1. 힘

· 물체가 힘을 받으면 멎어있던 물체가 움직이거나 움직이던 물체의 속도가 변하는것과 같은 **운동상태의 변화**가 생긴다.

· 물체가 힘을 받으면 물체의 크기와 모양이 변하는것과 같은 **변형**이 생긴다.

<u>힘은 물체의 운동상태를 변화시키거나 변형을 일으키는 작용을 한다.</u>

힘은 반드시 물체들사이의 호상작용으로 나타난다.

힘의 실례

· **중력**: 지구가 물체를 당기는 힘(지구와 물체사이의 호상작용)

· **튐힘**: 변형된 물체가 제자리로 돌아가면서 내는 힘

· **마찰력**: 두 물체가 서로 마찰될 때 생기는 힘

· **자기힘**: 자석들사이에서 서로 주고받는 힘

· **전기힘**: 대전된 물체들사이에 서로 주고받는 힘

2. 힘의 표시

1) 힘의 세 요소

힘을 알자면 힘의 크기, 힘의 방향, 힘의 작용점을 다 따져야 한다.

힘의 크기, 힘의 방향, 힘의 작용점을 **힘의 세 요소**라고 부른다.

힘이 작용하는 방향으로 그은 직선을 **힘의 작용선**이라고 부른다.

2) 벡토르량

크기뿐아니라 방향도 가진 물리적량을 **벡토르량**(간단히 벡토르)이라고 부른다.

실례: 힘, 속도, 가속도 등

3) 스칼라량

크기만 가지는 물리적 량을 **스칼라량**(간단히 스칼라)이라고 부른다.

실례: 온도, 체적, 길이, 질량 등

4) 힘의 벡토르표시

힘벡토르를 화살로 표시한다. 이때 화살의 길이는 힘의 크기, 화살의 방향은 힘의 방향, 화살의 시작점은 힘의 작용점을 나타낸다.(그림 1-1)

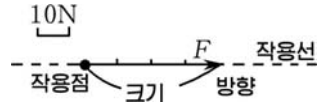



그림 1-1. 힘벡토르

제2절. 힘의 합성과 평형

힘의 합성과 분해

학생 두명이 물바께쯔를 함께 들고오는 것을 다른 학생 한명이 받아온다고 하자. 이때 한명의 학생의 힘은 두명의 학생의 힘과 같은 효과를 나타낸다.(그림 1-2)

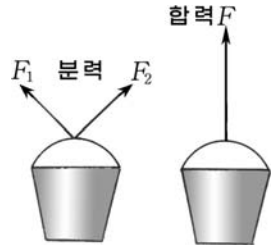



그림. 1-2 합력과 분력

· **합력**: 한 물체에 작용한 여러개의 힘과 꼭같은 효과를 나타내는 한개의 힘

· **분력**: 합력을 이루는 매개 힘들(그림 1-2에서 F_1과 F_2는 분력이고 F는 합력이다.)

· **힘의 분해**: 주어진 한개의 힘을 갈라서 분력들을 구하는것

1. 한 점에 작용하는 두 힘의 합성과 분해

1) 힘의 합성방법

① 두 힘이 한 직선우에서 작용하는 경우(그림 1-3)

· 물체의 한 점에 같은 방향으로 작용하는 두 분력의 합력의 크기는 매개 분력의 크기를 더한 합과 같고 합력의 방향은 두 분력

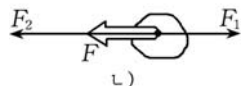



그림 1-3. 한 직선우에서 작용하는 두 힘의 합성

의 방향과 같다.(그림 ㄱ)

$$F = F_1 + F_2$$

· 물체의 한 점에 반대방향으로 작용하는 두 분력의 합력의 크기는 큰 힘에서 작은 힘을 던 차와 같고 합력의 방향은 큰 힘의 방향으로 향한다.(그림 ㄴ)

$$F = F_2 - F_1$$

② 두 힘이 각을 지어 작용하는 경우(그림 1-4)

물체의 한 점에 각을 지어 작용하는 두 힘의 합력의 크기는 두 힘(분력)을 각각 두변으로 하는 평행4변형의 대각선의 길이와 같고 방향은 그 점으로부터 대각선방향으로 향한다. 이것을 힘합성의 **평행4변형법**이라고 부른다.

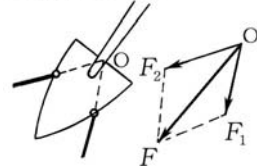



그림 1-4. 힘합성의 평행4변형법

2) 힘의 분해방법

분해하려는 힘을 대각선으로 하는 평행4변형으로 그리면 평행4변형의 두 변이 분력으로 된다. 한개의 힘을 두개의 분력으로 분해할 때 분력들의 크기와 방향이 주어지지 않으면 무수히 많은 분력쌍들로 분해할수 있다.

그러나 다음과 같은 경우에는 하나의 분력쌍으로만 분해된다.

① 한 분력의 크기와 방향이 주어졌을 때

② 두 분력들의 방향이 주어졌을 때

2. 한점에 작용하는 힘들의 평형

물체가 힘을 받고있는데도 운동속도가 달라지지 않으면 물체에 작용하는 힘들이 평형을 이루고있다고 말한다.

힘의 평형조건: 물체의 한점에 작용하는 힘들의 합력이 령이면 그 힘들은 평형을 이룬다.

3. 평행힘의 합성

평행힘: 힘의 작용선들이 서로 평행인 힘들

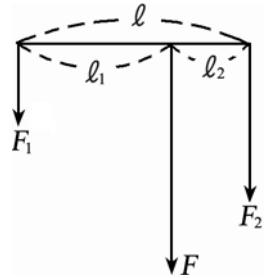
같은 방향을 향하는 두 평행힘을 합성하여 얻은 합력의 크기와 방향, 작용점은 다음과 같다.(그림 1-5)

① 두 평행힘의 합력의 크기는 그 두 힘의 합과 같다.

$$F = F_1 + F_2$$

② 합력의 방향은 두 평행힘의 방향과 같다.

그림 1-5. 평행힘의 합성

③ 합력의 작용점은 두 힘의 작용선사이의 거리를 두 힘의 크기에 거꿀비례되게 나눈 점에 있다.

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \qquad \text{또는} \qquad \frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

중력중심

물체의 매 부분에 작용하는 중력들은 드림선아래로 작용하는 평행힘들이다. 따라서 이 평행힘들을 합성하면 합력의 작용점을 얻을수 있다.

중력중심: 물체를 이루고있는 모든 부분들에 작용하는 중력들의 합력의 작용점.

어떤 물체에서나 중력중심은 하나만 있고 물체가 운동하든 멎있든 관계없이 중력중심의 자리는 변하지 않는다.

제3절. 힘모멘트

1. 힘모멘트와 그의 평형조건

1) 힘모멘트

축둘레로 회전할수 있는 물체(례를 들어 나사틀개로 나트를 돌리는 경우)를 쉽게 회전시키려면 힘을 크게 할뿐만아니라 회전축으로부터 될수록 먼곳에 힘을 주어야 한다.(그림 1-6)

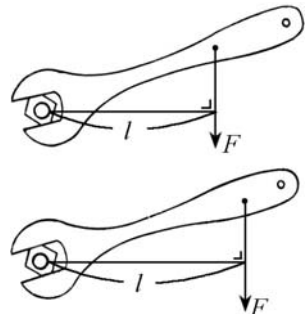



그림 1-6. 나사틀개에서 힘모멘트

힘의 팔: 회전축으로부터 힘의 작용선까지의 거리

힘모멘트: 힘에 힘의 팔을 곱한 값

$$M = Fl$$

M: 힘모멘트, F: 힘, l: 힘의 팔

힘모멘트의 단위: 1N·m (뉴톤-메터)

1N·m는 힘의 크기가 1N이고 힘의 팔이 1m일 때의 힘모멘트의 크기이다.

2) 힘모멘트의 평형조건

여러개의 힘모멘트를 받는 물체가 멎어있을 때 힘모멘트들이 평형을 이루고있다고 말한다.

힘모멘트의 평형조건: 고정축을 가진 물체는 그것을 시계바늘이 도는 방향으로 회전시키는 힘모멘트들의 힙과 그와 반대방향으로 회전시키는 힘모멘트들의 합이 같은 값을 가지면 평형상태에 있다.

2. 짝힘과 짝힘모멘트

짝힘: 크기가 같고 방향이 반대인 두 평행힘(그림 1-7)

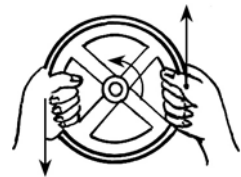
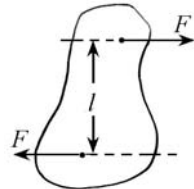
그림 1-7. 짝힘

짝힘은 고정된 회전축이 있든 없든 물체를 회전시키는 작용만 한다. 고정된 회전축을 가진 물체가 짝힘을 받으면 언제나 회전축둘레를 회전운동하지만 고정된 회전축이 없는 물체가 짝힘을 받으면 물체의 중력중심둘레에로 회전운동한다.

짝힘의 회전효과는 짝힘모멘트에 의하여 결정된다.

짝힘의 팔: 짝힘을 이루는 두 힘의 작용선 사이의 거리

그림 1-8. 짝힘모멘트

짝힘모멘트는 힘의 크기에 짝힘의 팔을 곱한 값과 같다.(그림 1-8)

$$M = Fl$$

3. 힘모멘트의 평형조건을 리용한 간단한 기계들

1) 지 레

힘을 받아 축둘레로 회전할수 있는 막대기를 지레라고 부른다.

지레의 평형조건

지레의 지지점(고정회전축)을 축으로 하여 서로 반대방향으로 회전시키려는 힘모멘트가 같으면 지레는 평형상태에 있게 된다.(그림 1-9)

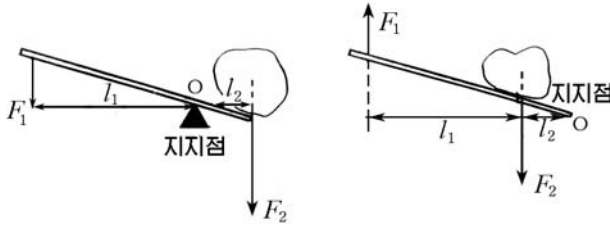



그림 1-9. 지레의 평형

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \qquad \text{또는} \qquad M_1 = M_2$$

2) 도르래

둘레에 있는 홈에 걸쳐놓은 줄이나 사슬에 의하여 축둘레로 회전할수 있는 바퀴를 도르래라고 부른다.

고정도르래: 회전축이 고정된 도르래.

이동도르래: 회전축이 짐과 함께 움직이는 도르래.

겹도르래: 고정도르래와 이동도르래가 겹친 도르래.(그림 1-10)

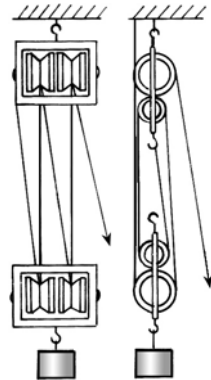



그림 1-10. 겹도르래

도르래의 평형

줄을 당기는 힘을 F 짐의 무게를 P라고 하면 도르래의 평형조건은 힘모멘트의 평형조건에 의하여 다음과 같이 표시된다.

① 고정도르래에서 $FR=PR$ 따라서 $F=P$ (그림 1-11)

고정도르래를 쓰면 힘에서는 리득이 없으나 힘의 방향을 편리하게 바꿀수 있다.

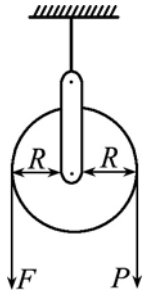



그림 1-11. 고정도르래

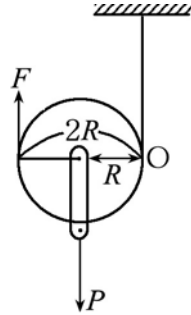



그림 1-12. 이동도르래

② 이동도르래에서 $F\cdot(2R)=PR$ 따라서 $F=\dfrac{P}{2}$ (그림 1-12)

이동도르래를 쓰면 짐의 무게의 절반만 한 힘으로 짐을 들어올릴수 있다.

③ 겹도르래에서는 $F=\dfrac{P}{2n}$ 여기서 n은 겹도르래에 들어있는 이동도르래의 개수이다.(그림 1-10에서 n=2)

지레, 이동도르래, 겹도르래를 쓰면 힘에서는 리득을 보지만 힘에서 리득을 본 배수만큼 힘을 주어 물체를 이동시키는 거리가 멀어지므로 일에서는 리득을 볼수 없다.

일의 원리: 어떤 기구를 쓰든지 일에서 리득을 볼수 없다.

제4절. 튐 힘

1. 변 형

힘을 받은 물체의 모양과 크기가 변하는것을 변형이라고 부른다.

물체의 변형에는 늘음, 줄음, 휨, 꼬임, 쏠림변형 등이 있다.

튐성: 변형된 물체가 처음상태로 되돌아가려는 성질

튐성변형: 변형시키는 외부힘을 없앴을 때 처음모양으로 되돌아오는 변형

2. 튐힘, 후크의 법칙

튐힘: 변형된 튐성체를 처음모양으로 되돌려보내는 힘.

튐힘은 튐성변형이 일어난 물체에서 생긴다.

튐힘은 변형이 일어난 방향과 반대방향으로 나타난다.

후크의 법칙

용수철을 늘구거나 줄일 때 생기는 튐힘의 크기는 변형의 크기(늘어난 길이 또는 줄어든 길이)에 비례한다.

$$F_{튐}=kx$$

$F_{튐}$: 튐힘의 크기, x: 변형의 크기, k: 튐성결수

튐성결수는 튐성체를 단위길이만큼 변형시킬 때 생기는 튐힘의 크기를 가리킨다.

튐성결수의 단위: 1N/m(1뉴톤 매 메터)

1N/m는 튐성체를 1m만큼 변형시킬 때 생기는 튐힘의 크기가 1N일 때의 튐성결수이다.

후크의 법칙은 튐성한계안에서만 성립한다.

제5절. 마 찰 력

마찰력: 한물체가 다른 물체와 맞닿아서 운동할 때 그 운동을 방해하는 힘

마찰력의 작용점은 다른 물체와 맞닿은 면에 있으며 그 방향은 운동방향에 반대이다.

1. 정지마찰력

멎어있는 물체가 움직이도록 힘을 주었을 때 물체가 움직이지 못하게 방해하는 마찰력을 **정지마찰력**이라고 부른다.

정지마찰력은 멎어있는 물체에 작용하는 힘이 커지는데 따라 점차 커지다가 어떤 한계에 이르면 더 커지지 못하고 물체는 미끄러지기 시작한다. 물체가 움직이기 시작하는 순간의 정지마찰력을 **최대정지마찰력**이라고 부른다.

2. 미끄럼마찰력

한 물체가 다른 물체와 맞닿아서 미끄러질 때 맞닿은 면에서 생기는 마찰력을 **미끄럼마찰력**이라고 부른다.

미끄럼마찰력은 최대정지마찰력보다 작다.

미끄럼마찰력의 크기는 맞닿은 면을 수직으로 누르는 힘에 비례하고 맞닿은 면의 면적에는 관계되지 않는다.

$$F_{미}=\mu F_{\perp}$$

$F_{미}$: 미끄럼마찰력, $F_{\perp}$: 면을 수직으로 누르는 힘,

μ: 미끄럼마찰결수

마찰결수는 맞닿은 두 물체의 종류에 따라 다르다.

3. 굴음마찰력

한 물체가 다른 물체우로 굴러갈 때 그 물체의 운동을 방해하는 마찰력을 **굴음마찰력**이라고 부른다.

굴음마찰력은 미끄럼마찰력보다 훨씬 작다.

[련습문제]

1. ① 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

ㄱ) 힘은 물체의 [   ]를 변화시키거나 [   ]을 일으키는 작용을 하며 물체들사이의 [   ]으로 나타난다.

ㄴ) 힘은 크기에 의하여 구별될뿐아니라 그의 [   ]에 의해서도 구별되며 크기와 방향이 같은 힘이라도 그의 [   ]이 다르면 작용효과가 [   ].

ㄷ) 물체의 한 점에 여러 힘이 작용할 때 그것들과 꼭같은 [   ]를 나타내는 하나의 힘을 그것들의 [   ]이라고 부르며 여러 힘이 주어졌을 때 그것들의 [   ]을 구하는것을 힘의 [   ]이라고 부른다.

풀이방향. 힘의 작용효과, 힘의 세요소 및 힘의 합성과 분해에 대하여 생각하여라.

2. 경사각이 30°인 경사면우에 무게가 400N인 물체가 놓여있다. 이 물체를 경사면을 따라 아래로 움직이게 하려는 힘과 이 물체

가 경사면을 수직으로 누르는 힘을 구하여라.

풀이방향. 물체가 멎어있을 때 물체의 무게는 그 물체가 받는 중력과 같다는것을 생각하여라. 그리고 중력을 경사면에 평행인 분력과 수직인 분력으로 나누어 생각하여라.

(**답.** 200N, 약 346.4N)

3. 비행기에 있는 발동기가 비행기를 수평방향으로 전진시키는 힘은 15kN이다. 비행기의 전진을 방해하는 저항력이 9.8kN이고 비행기의 옆방향에서 불어오는 바람의 힘이 3kN이라면 이 힘들의 합력의 크기와 방향을 결정하여라.

풀이방향. 먼저 한 직선우에 놓인 추진력과 저항력의 합력을 구하고 그 힘과 수직방향으로 불어오는 바람힘과의 합력을 구하여라.

(**답.** 약 6kN, 추진력의 방향과 30°각)

4. 그림 1-13에 무궤도전차의 전기줄을 늘여놓은 콩크리트전주가 있다. 애자와 전기줄의 무게가 300N이라면 지지대와 그것이 걸려있는 쇠줄에 작용하는 힘들은 각각 얼마이겠는가?

풀이방향. 드림선아래로 작용하는 300N의 힘을 지지대방향과 쇠줄의 연장선방향으로 분해하고 분력들의 크기를 구하여라.

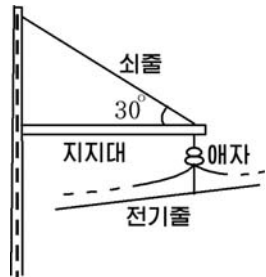



그림 1-13

(**답.** 약 520N, 600N)

5. 기중기가 블로크를 들고있을 때와 들지 않았을 때 그의 중력중심이 어떻게 달라지겠는가? 기중기의 중력중심의 이동범위를 지적하여라.

풀이방향. 평행힘의 합력의 작용점, 기중기가 넘어지지 않을 조건을 생각하여라.

(**답.** 블로크를 들었을 때 중력중심은 블로크쪽으로 이동하며 블로크를 들지 않았을 때 에는 평형추쪽으로 이동한다. 이때 어느 경우에나 중력중심을 지나는 드림선이 바퀴밖으로 나가지 말아야 한다.)

6. 질량이 10kg인 고르로운 굵기를 가진 철막대기가 땅우에 놓여

있다. 그것의 한쪽 끝을 들어올리려면 얼마의 힘이 들겠는가?

풀이방향. 한쪽 끝을 들어올리는 경우 다른쪽 끝이 회전축이 된다는것을 생각하면서 힘모멘의 평형조건을 리용하여라.

(답. 49N)

7. 길이가 80cm인 막대기의 절반 토막들은 서로 다른 물질로 되여 있다. 첫째 토막의 무게는 둘째 토막의 무게보다3배나 크다면 이 막대기의 중력중심은 어디에 있는가?

풀이방향. 두 토막의 중력중심은 각각 그의 중심에 있으므로 그 사이의 거리는 전체 길이의 절반과 같다는것을 생각하면서 두 평행힘의 합성법을 리용하여라.

(**답.** 첫 토막의 중심에서 가운데쪽으로 10cm 되는곳)

8. 막대기저울의 짧은 팔의 길이는 5cm이고 긴 팔의 길이는 140cm이다. 해방전에 한 지주놈은 긴 팔의 끝에 50g짜리 연덩어리를 넣은 다음 이 저울로 소작농들의 소작료를 달아서 받았다. 이 지주놈은 한번 저울질할 때마다 쌀을 얼마나 더 착취하였는가?

풀이방향. 힘모멘트의 평형조건을 리용하여라.

(**답.** 1.4kg)

9. 그림 1-14와 같이 겹도르래를 써서 무게가 1kN인 짐을 들어올린다. 도르래와 바줄의 무게는 무시하고 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 바줄을 알마만한 힘으로 당겨야 하는가?

ㄴ) 바줄의 장력 F_1, F_2는 얼마인가?

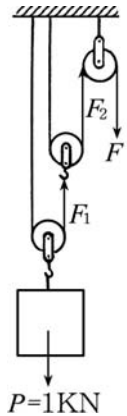
ㄷ) 짐을 1m 들어올리려면 바줄을 얼마나 당겨야 하는가?

그림1-14

풀이방향. 이동도르래 한개에서 힘은 절반, 거리는 2배로 된다는것을 생각하여라.

(**답.** ㄱ) 250N, ㄴ) 500N, 250N, ㄷ) 4m)

10. 힘에서 3배의 리득을 얻기 위하여 이동도르래와 고정도르래를 어떻게 이여야 그것들의 개수를 최소로 할수 있는가를 그림을 그리고 대답하여라.

풀이방향. 짐의 무게가 3개의 바줄에 꼭같이 나뉘여 걸리게 하면 한개의 줄에 짐무게의 1/3만 한 힘이 작용한다는것을

생각하여라. (**답**. 그림 1-15)

11. 땅우에 길이가 4m되는 굵은 통나무가 한대 가로 놓여있다. 통나무의 가는쪽 끝을 조금 들어올리는데 600N의 힘이 들고 굵은쪽 끝을 조금 들어올리는데는 1 000N의 힘이 든다. 이 통나무의 무게는 얼마인가? 그리고 통나무의 중력중심의 자리는 어디에 있는가?

풀이방향. 평행힘의 합성과 중력중심 및 힘모멘트의 평형조건을 리용하여라.

(**답**. 1 600N, 가는쪽 끝에서 2.5m)

그림 1-15

12. 그림 1-16과 같이 한 변의 길이가 10cm인 바른3각형판대기에 크기가 10N인 꼭같은 세힘이 작용한다. 이 힘들이 짝힘을 이룬다는것을 밝히고 짝힘의 모멘트를 구하여라.

풀이방향. 임의의 두 힘을 합성하여 합력을 구하고 이 합력과 나머지 힘을 따져보아라.

(**답**. 약 0.866N・m)

그림 1-16

13. 어떤 측력계에 1N의 짐을 달았을 때 용수철의 길이가 11cm였고 4N의 짐을 달았을 때 14cm였다. 용수철의 튐성결수와 처음길이를 구하여라.

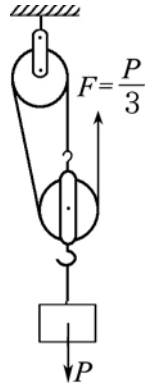
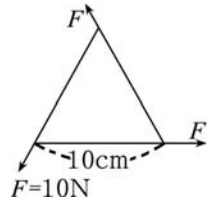
풀이방향. 후크의 법칙을 리용하여라.

(**답**. 100n/m, 10cm)

14. 곧추 드리운 길이가 l_0이고 튐성결수가 k인 용수철의 끝에 질량이 m인 추를 매달았다. 다음에는 늘어난 이 용수철의 가운데점에 꼭같은 추 한개를 또 매달았다. 이때 늘어난 용수철의 전체 길이를 구하여라. 용수철의 질량은 무시한다.

풀이방향. 용수철의 길이를 절반 자르면 용수철의 튐성결수가 2배로 된다는것을 생각하고 후크의 법칙을 리용하여라.

(**답**. $l_0 + \dfrac{3mg}{2k}$)

15. 렬차가 고개길을 올라갈 때 기관차의 주동바퀴앞에 설치된 관으로 레루우에 모래를 뿌리고 기관차의 뒤부분에 있는 관에서

나오는 물은 레루우에 뿌려진 모래를 깨끗이 씻어낸다. 왜 그렇게 하는가?

풀이방향. 마찰이 리로운 경우와 해로운 경우를 생각하여라.

16. 경사진 면우에 물체가 놓여있다. 경사각이 작을 때에는 물체가 미끄러져내리지 않지만 경사각을 점점 크게 하면 어떤 주어진 각에 이르러서부터 그 이상의 경사각에 해당한 경사면에서는 물체가 미끄러져 내린다. 왜 그렇겠는가?

풀이방향. 물체에 작용하는 힘들을 다 찾아보고 힘의 합성과 분해, 힘들의 평형조건, 정지마찰력의 크기가 무엇에 관계되는가를 따져보아라.

17. 기관차는 왜 가벼운 금속이나 합금으로 만들지 않는가?

풀이방향. 마찰력과 무게의 관계식 ($F_{마}=\mu F_{\perp}$)을 리용하여라. 기관차가 큰 힘으로 끌자면 바퀴가 헛돌지 말아야 하므로 끄는 힘이 최대정지마찰력을 초과할수 없다는것을 참고하여라.

18. 경사각이 30°인 경사면우에 무게가 60N인 물체가 멎어있다. 물체에 작용하는 힘들을 모두 찾아 그의 크기를 결정하여라. 물체가 멎어있는것은 무엇때문인가?

풀이방향. 물체에 작용하는 모든 힘들의 합력이 령이면 물체는 평형상태에 있게 된다는것을 생각하고 무게(중력)를 분해하여 따져보아라.

(**답.** 물체에 작용하는 힘들-중력 F=60N 정지마찰력 $F_{정}$=30N, 바닥의 맞선힘 N≈52N 그림 1-17)

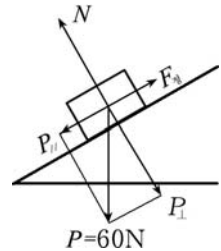



그림 1-17

19. 질량이 2kg인 나무토막을 수평으로 놓인 나무판대기우에서 튐성결수가 100N/m인 용수철에 걸어당기고있다. 나무토막이 등속으로 운동할 때 용수철이 늘어난 길이는 얼마인가? 마찰결수는 0.3이다.

풀이방향. 등속으로 운동하고있으므로 마찰력을 이겨내는 힘과 늘어난 용수철의 튐힘이 같다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 6cm)

20. 경사각이 30°인 경사면우에 무게가 500N인 나무상자를 놓으면

나무상자가 아래로 미끄러져내리겠는가? 마찰결수는 0.6이다.

풀이방향. 18번 문제풀이를 참고하여라.

(**답.** P=250N, $F_{최}$≈260N 상자는 멎어있다.)

21. 무게가 0.5N인 자석이 드림선방향으로 세워놓은 강철판에 붙어있다. 자석을 아래로 등속운동시키기 위하여 1.5N의 힘을 자석에 주어야 한다. 자석은 얼마만한 힘으로 강철판을 누르는가? 자석을 철판을 따라 우로 등속운동시키기 위하여서는 얼마만한 힘을 주어야 하는가? 마찰결수는 0.2이다.

풀이방향. 아래로 등속운동할 때에는 자석에 작용하는 중력과 아래로 등속시키기 위하여 준 힘의 합력이 강철판과 자석사이의 마찰력과 같다는것을 생각하여라. 여기서 마찰력은 자석이 강철판을 수직으로 누르는 힘에 마찰결수를 곱한 값과 같다.

(**답.** 10N, 2.5N)

제2장. 물체의 운동과 운동법칙

제1절. 력학적운동

1. 력학적운동과 운동의 상대성

1) 력학적운동

운동하는 물체들은 시간에 따라 자리를 옮긴다.

물체의자리가 시간에 따라 변하는것을 력학적운동이라고 부른다.

물체를 이루는 매우 작은 원자나 분자로부터 우리 둘레에 있는 물체들은 물론 태양이나 수없이 많은 뭇별들과 같은 천체에 이르기까지 모든 물체들은 다 운동하고있다.

2) 기준물체

물체의 력학적운동을 살피려면 무엇을 기준으로 한 자리옮김인가를 밝혀야 한다.

력학적운동을 살필 때 기준으로 정한 물체를 기준물체라고 부른다. 기준물체를 지적하지 않고서는 물체가 멎어있는가 운동하는가에 대하여 말할수 없다.

3) 운동의 상대성

같은 물체도 기준물체를 정하는데 따라 멎어있기도 하고 운동하기도 하며 운동모습이 다르게 나타난다.

실례

① 달리는 기차안의 당반우에 올려놓은 짐은 땅(기준물체)우에서 보면 기차와 함께 운동하고있지만 기차(기준물체)안에서 보면 멎어있다.

② 달리는 기차안의 당반에서 떨어지는 물체는 차안의 사람이 보면 물체가 곧추 아래로 떨어지지만 땅에 서있는 사람이 보면 물체는 기차가 달리는 방향으로 나가면서 아래로 떨어지므로 곡선을 따라 운동한다.

기준물체에 따라 물체의 운동이 다르게 나타나는것을 운동의 상대성이라고 부른다.

2. 력학적운동의 분류

질점: 물체의 크기와 모양을 무시하고 물체와 같은 질량을 가진 점

자리길: 질점이 운동할 때 지나간 자리들을 이어놓은 선

○ 자리길의 모양에 따라 력학적운동은 직선운동과 곡선운동으로 나눈다.

직선운동. 직선자리길을 따라 일어나는 운동

곡선운동. 곡선자리길을 따라 일어나는 운동

물체가 어떻게 운동하는가를 살피려면 자리길의 모양과 함께 얼마나 빨리 운동하는가를 밝혀야 한다.

물체가 얼마나 빨리 운동하는가는 속도로 나타낸다.

○ 속도에 따라 력학적운동은 다음과 같이 나눈다.

등속운동: 물체의 자리가 시간에 따라 고르롭게 즉 같은 시간동

안에 같은 거리만큼씩 변하는 운동

부등속운동: 같은 시간동안에 물체가 운동한 거리가 시간이 지남에 따라 달라지는 운동

제2절. 등속직선운동

등속직선운동. 물체가 직선을 따라 같은 시간동안에 늘 같은 거리를 가는 운동

1. 등속직선운동의 속도와 속도그라프

1) 등속직선운동의 속도

등속직선운동의 속도는 단위시간(1s)동안에 옮겨간 거리로 표시되는 물리적량이다.

$$v=\frac{S}{t}$$

v: 등속직선운동의 속도, S: 옮겨간 거리, t: 운동한 시간

속도는 크기와 함께 방향도 가지는 벡토르량이다.

속도의 단위:국제단위 1m/s(메터 매 초)

1m/s는 1s동안에 1m씩 고르롭게 운동하는 속도이다.

이밖에 1km/h도 쓴다.

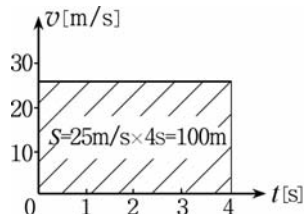
$$1\text{km/h}=\frac{1\,000\text{m}}{3\,600\text{s}}\approx 0.28\text{m/s}$$

2) 등속운동의 속도그라프

속도 v와 시간 t사기의 관계를 보여주는 그라프를 **속도그라프**(또는 v-t그라프)라고 부른다.

속도그라프는 자리표의 가로축에 시간 t, 세로축에 속도 v를 잡고 그린다.(그림 2-1은 v=25m/s때의 등속운동의 속도그라프이다.)

그림 2-1. 등속운동의 속도그라프

등속운동의 속도그라프는 시간축에

평행인 직선이다.

등속운동에서 운동한 거리는 속도그라프밑의 직4각형의 면적과 크기가 같다.

2. 등속직선운동의 거리와 거리그라프

1) 변위와 운동거리

력학적운동에서 물체의 자리는 시간에 따라 끊임없이 변한다.

질점의 자리변화(또는 자리옮김)를 **변위**라고 부른다.

변위는 질점의 처음자리에서 마지막자리까지 화살을 그어 자리의 변화를 나타내는 벡토르량이다.

운동거리는 질점이 지나간 자리길의 길이로서 크기만 있는 스칼라량이다.

물체가 곡선운동을 할 때에는 변위의 방향이 계속 변하므로 운동거리와 변위의 크기는 같지 않다.

그러나 물체가 등속직선운동을 할 때에는 변위의 방향이 변하지 않으며 변위의 크기는 운동거리와 같다.

등속운동은 시간에 따라 속도의 크기가 변하지 않으므로 운동한 거리는 시간에 비례한다.

$$S = vt$$

2) 등속운동의 거리그라프

거리 S와 시간 t사이의 관계를 보여주는 그라프를 거리그라프(또는 S-t그라프)라고 부른다.

거리그라프는 자리표의 가로축에 시간 t, 세로축에 거리 S를 잡고 그린다. 그림 2-2는 v_1=10m/s, v_2=5m/s로 운동하는 두 물체의 거리그라프이다.

등속운동의 거리그라프는 자리표원점을 지나는 직선이다.

거리그라프의 방향결수는 속도를 표시한다.

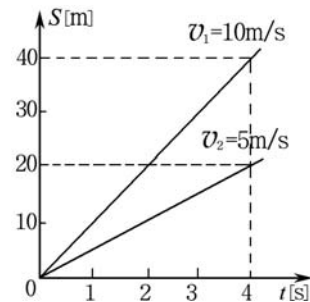



그림 2-2. 등속운동의 거리그라프

제3절. 부등속직선운동

1. 부등속직선운동

속도가 고르롭지 않고 시간에 따라 변하는 직선운동을 부등속직선운동이라고 부른다.

부등속직선운동은 등속직선운동에서와는 달리 같은 시간동안에 옮겨간 거리가 같지 않다.

부등속직선운동하는 물체의 빠른 정도는 평균속도와 순간속도로 나타낼수 있다.

2. 평균속도

부등속운동을 등속운동으로 보고 운동의 빠른 정도를 표시한것이 평균속도이다.

물체가 운동한 거리를 시간으로 나눈 값을 평균속도라고 부른다.

$$\overline{v} = \frac{S}{t}$$

$\overline{v}$: 등속직선운동의 속도, S: 옮겨간 거리, t: 운동한 시간

평균속도값은 한 물체의 운동에서도 시간구간에 따라 다를수 있다.

3. 순간속도

자리길의 주어진 점을 지나는 순간의 물체의 속도를 그 점에서의 **순간속도**라고 부른다.

순간속도는 주어진 점을 지나는 매우 짧은 시간동안의 평균속도와 같다.

제4절. 등가속직선운동

1. 등가속직선운동의 가속도

1) 등가속직선운동

부등속직선운동에서 가장 단순한것은 속도가 고르롭게 변하는

운동이다.

같은 시간동안에 속도가 같은 크기만큼씩 변하는 직선운동을 **등가속직선운동**이라고 부른다.

2) 가속도

속도가 얼마나 빨리 변하는가 하는것은 가속도로 나타낸다.

등가속직순운동의 가속도는 단위시간(1s)동안에 생긴 속도변화를 나타내는 벡토르량이다.

$$a = \frac{v - v_0}{t} \qquad (1)$$

a: 가속도, v_0: 처음속도, v: 마지막속도, t: 시간

$(v - v_0)$는 t시간동안의 속도변화량

v_0=0이면 $a = \frac{v}{t}$,

가속도의 단위: $1\mathrm{m/s}^2$ (메터 매 초두제곱)

$1\mathrm{m/s}^2$은 1s동안에 속도가 1m/s만큼 변할 때의 가속도이다.

2. 등가속직선운동의 속도

등가속직선운동의 속도는 식 1로부터 다음과 같이 표시된다.

$$v = v_0 + at \qquad (2)$$

v_0=0이면 $v = at$

이 식은 등가속직선운동의 순간속도를 표시한다.

그림 2-3은 처음속도 v_0=2m/s, 가속도 a=1m/s^{2}일 때의 속도그라프이다.

등가속직선운동의 속도그라프는 시간축에 대하여 경사진 직선이다.

가속도가 클수록 시간축과 그라프사이의 각이 크다.

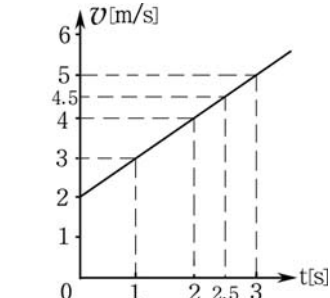



그림 2-3. 등가속운동의 속도그라프

3. 등가속직선운동에서 운동한 거리

등가속직선운동에서 운동한 거리는 속도그라프밑의 도형(제형)

의 면적에 의하여 다음과 같이 표시된다.(그림 2-4)

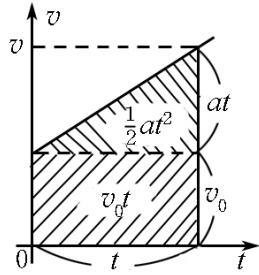
$$S = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad (3)$$

v_0 =0이면 $\quad S = \frac{1}{2}at^2$

※ 시간 t를 모를 때 등가속직선운동의 거리는 다음과 같이 표시된다.

그림 2-4. 등가속운동의 거리

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \qquad \text{또는} \qquad v^2 - v_0^2 = 2aS$$

4. 자유락하운동

1) 자유락하운동

중력만 받으면서 떨어지는 물체의 운동을 **자유락하운동**이라고 부른다.

자유락하운동은 등가속직선운동이다.

2) 자유락하가속도

자유락하운동하는 물체의 가속도를 **자유락하가속도** 또는 **중력가속도**라고 부른다. 중력가속도는 보통 g로 표시하며 방향은 언제나 드림선아래로 향한다.

$$g = 9.8\text{m/s}^2$$

3) 자유락하운동공식

자유락하운동을 표시하는 공식은 등가속직선운동의 공식에서 a를 g로 바꾸어놓는다.

$$v = gt, \qquad h = \frac{1}{2}gt^2$$

처음속도 v_0 으로 떨어질 때에는

$$v = v_0 + gt, \qquad h = vt + \frac{1}{2}gt^2$$

4) 우로 던진 물체의 운동

우로 던진 물체가 최고점까지 올라가는 운동은 등감속직선운동이고 최고점으로부터 내려오는 운동은 자유락하운동이다.

우로 던진 물체의 운동을 표시하는 공식은 등가속직선운동공식에서 가속도가 g로 된다.

$$v = v_0 - gt \,, \qquad h = vt - \frac{1}{2}gt^2$$

이 운동은 직선운동이지만 최고점에서 속도의 방향이 바뀌며 물체의 높이(변위)는 자리길의 길이와 언제나 같은것은 이니다.

제5절. 운동법칙

1. 뉴톤의 운동법칙

1) 뉴톤의 제1법칙

다른 물체로부터 힘을 받지 않는한 운동하던 물체는 등속직선운동을 계속하며 멎어있던 물체는 계속 멎어있다. 이것을 **뉴톤의 제1법칙** 또는 **관성의 법칙**이라고 부른다,.

관성: 모든 물체가 자기의 운동상태 또는 정지상태를 계속 유지하려는 성질

질량: 물체의 관성의 크기를 나타내는 량

물체의 관성이 클수록 질량이 크다.

질량의 단위: 1kg

1kg은 4℃의 물 1L의 질량과 같다.

물체의 질량은 천평으로 잰다.

밀도: 단위체적속에 포함되여있는 물질의 질량으로 표시되는 량.

$$\boxed{\rho = \frac{m}{V}}$$

ρ : 밀도, m: 질량, V: 체적

밀도의 단위: $1\mathrm{kg/m^3}$(키로그람 매 립방메터)

$1\mathrm{kg/m^3}$는 $1\mathrm{m^3}$의 체적속에 1kg의 질량이 들어있는 밀도의 크기이다.

2) 뉴톤의 제2법칙

물체에 힘이 작용하면 그 물체는 힘의 방향으로 가속운동을 한다.

이때 물체의 가속도의 크기는 물체에 작용한 힘의 크기에 비례하고 물체의 질량에는 거꿀비례한다.

이것을 **뉴톤의 제2법칙**이라고 부른다.

$$a = \frac{F}{m}, \qquad ma = F$$

힘의 단위: 1N(뉴톤)

1N은 질량이 1kg인 물체에 작용하여 $1m/s^2$의 가속도가 생기게 하는 힘이다. 즉 $1N=1kg{\cdot}m/s^2$

무게: 물체가 놓여있는 받침대를 누르는 힘 또는 물체가 매달려있는 줄을 당기는 힘.

멎어있거나 등속직선운동하는 물체의 무게는 그 물체에 작용하는 중력과 크기가 같다.

$$\boxed{W = mg}$$

무게의 작용점은 받침대 또는 달아맨 줄에 있다.

물체의 무게는 측력계로 측정한다.

중력: 지구가 물체를 당기는 힘.

$$\boxed{P = mg}$$

중력의 작용점은 그 물체의 중력중심에 있다.

3) 뉴톤의 제3법칙

힘은 물체들사이의 호상작용으로 나타난다.

힘을 주기만 하거나 받기만 하는 물체는 없다. 한 물체가 다른 물체에 힘을 주면 그 힘을 받은 다른 물체도 힘을 준 물체에 힘을 준다. 두 물체의 호상작용가운데서 어느 하나를 작용이라고 하면 다른것은 반작용이라고 부른다.

작용과 반작용은 크기가 같고 한 직선우에서 서로 반대방향으로 향한다. 이것을 뉴톤의 제3법칙이라고 부른다.

$$F_1 = -F_2$$

여기서 부호 《－》는 작용, F_1과 반작용 F_2의 방향이 반대라는 것을 표시한다.

작용과 반작용은 작용점이 서로 다른 물체에 있으므로 합성할 수 없으며 따라서 비기는 힘이 아니다.

2. 운동량보존의 법칙

1) 운동량

운동하는 물체가 다른 물체와 작용할 때 물체의 질량이 클수록 그리고 속도가 클수록 작용효과가 크다.

물체의 운동효과를 나타내기 위하여 운동량을 쓴다.

물체의 질량과 속도를 곱한 량을 **운동량**이라고 부른다.

$$P = mv$$

P: 운동량, m: 질량, v: 속도

운동량의 단위: 1kg·m/s(키로그람-메터 매 초)

1kg·m/s는 질량이 1kg인 물체가 1m/s의 속도로 운동할 때 가지는 운동량이다.

운동량과 힘사이의 관계

질량이 m인 물체가 힘 F를 받아서 t시간동안에 처음속도 v_0으로부터 마지막속도 v까지 변했을 때

$$F = ma = m\cdot\frac{v - v_0}{t} = \frac{mv - mv_0}{t}$$

즉

$$F = \frac{P - P_0}{t}$$

단위시간동안에 일어난 운동량의 변화는 물체에 작용한 힘과 같다.

같은 운동량의 변화를 일으키는데 걸린 시간이 짧을수록 큰 힘이 작용하며 걸린 시간이 길수록 작은 힘이 작용한다.

충격과 완충

매우 짧은 시간동안에 작용하는 힘을 **충격힘**이라고 부르며 긴 시간동안에 작용하는 힘을 **완충힘**이라고 부른다.

2) 운동량보존의 법칙

운동하던 두 금속구가 충돌할 때 충돌하기 전의 매 금속구의 운동량을 P_1, P_2이라고 하고 충돌후의 매개의 운동량을 P_1', P_2'라고 하자.(그림 2-5)

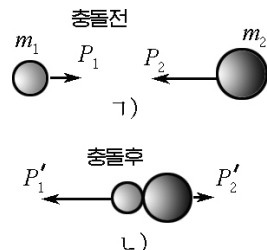



그림 2-5. 운동량보존의 법칙

두 금속구가 호상작용할 때 작용과 반작용을 F_1, F_2라고 하고 충돌시간을 t라고 하면 뉴톤의 제3법칙에 의하여

$$F_1 = -F_2 \tag{1}$$

운동량의 변화와 힘사이의 관계에 의하여

$$F_1 = \frac{P_1' - P_1}{t}, \quad F_2 = \frac{P_2' - P_2}{t} \tag{2}$$

식 2를 식 1에 갈아넣고 t를 없앤후 정리하면 다음식을 얻는다.

$$\boxed{P_1 + P_2 = P_1' + P_2'}$$

물체들이 호상작용할 때 매개 물체의 운동량은 변하지만 운동량의 합은 변하지 않고 늘 일정하다. 이것을 **운동량보존의 법칙**이라고 부른다.

[련습문제]

1. 등속직선운동하는 비행기에서 프로펠라의 끌점은 어떤 자리길을 그리겠는가?
   ㄱ) 프로펠라에 대하여
   ㄴ) 배행기동체에 대하여
   ㄷ) 땅(지구)에 대하여
   풀이방향. 기준물체에 대하여 어떻게 운동하는가를 따져보아라.
   (**답**. ㄱ) 점(정지), ㄴ) 원, ㄷ) 라선)
2. 그림 2-6에 궤도전차의 운동을 속도그라프로 표시하였다. 궤도전차는 어떻게 운동하였으며 운동한 거리는 얼마인가? 이 운동의 거리그라프를 그려라.
   (**답**. 첫 4min동안에는 8m/s의 속도로 1 920m, 다음 1min(4～5min사이)동안은 멎었다가 마지막 3min(5～8min사이)

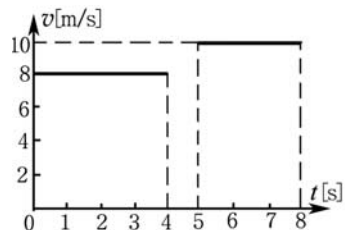



그림 2-6

동안에는 10m/s의 속도로 1 800m의 거리를 달려 3 720m의 거리를 운동하였다. 이 운동의 거리그라프는 그림 2-7과 같다.)

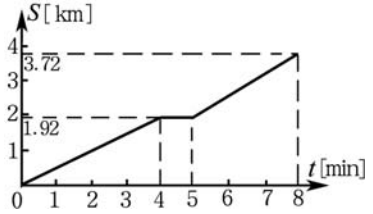



그림 2-7

3. 그림 2-8의 $S-t$그라프에 의하여 두 물체의 운동을 밝히고 이 운동을 $v-t$ 그라프에 표시하여라.

풀이방향. $S-t$그라프가 등속직선운동의 거리그라프라는것을 판단하고 속도를 계산한 다음 하나의 직각자리표 평면에 두 속도그라프를 그려라.

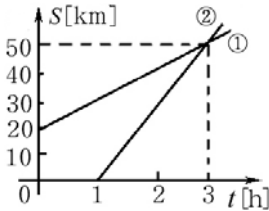



그림 2-8

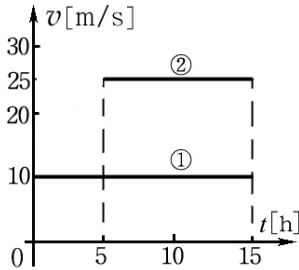



그림 2-9

(답. $v_1=10$km/h, S_1=30km, $v_2=25$km/h, S_1=50km
$v-t$ 그라프는 그림 2-9와 같다.)

4. 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 평균속도와 순간속도가 같은 운동은 어떤 운동인가?

ㄴ) 《빠르다》와 《빨라진다》라는 말은 어떤 뜻에서 다른가?

ㄷ) 가속도가 0인 운동은 어떤 운동인가?

ㄹ) 가속도가 고르롭게 커지는 운동은 어떤 운동인가?

풀이방향. 평균속도와 순간속도의 의미, 가속도와 등가속운동의 의미를 생각하여라.

5. 자동차가 12km의 거리를 달리는데 처음 절반구간은 20km/h의 속도로, 나머지 절반구간은 30km/h의 속도로 달렸다. 전체 구간에서의 평균속도는 다음 값가운데서 어느것이 맞는가? 왜 그런가를 설명하여라.

ㄱ) 25km/h, ㄴ) 24km/h

풀이방향. 평균속도와 속도의 산수평균값이 같지 않다는것을 생각하여라.

(**답**. 24km/h)

6. 자동차가 전체 거리의 1/3을 10m/s의 속도로, 나머지 2/3를 20m/s의 속도로 달렸다. 전체 구간에서의 평균속도는 얼마인가? 구한값을 속도의 산수평균값 $\frac{10\text{m/s}+20\text{m/s}}{2}=15\text{m/s}$ 와 비교해보고 왜 그런가를 밝혀라.

   풀이방향. 평균속도의 의미를 생각하여라. 그리고 자동차가 두 속도로 달린 시간을 따져보아라.

(**답**. $\bar{v}=15\text{m/s}$)

7. 다음 글에서 틀린것을 지적하고 그 리유를 밝혀라.
   ㄱ) 속도가 큰 물체일수록 그의 가속도도 크다.
   ㄴ) 가속도가 령인 물체는 언제나 멎어있다.
   ㄷ) 등가속운동하는 물체의 속도는 등감속운동하는 물체의 속도보다 크다.
   ㄹ) 가속도값이 고르롭게 키지는 운동은 등가속운동이다.

   풀이방향. 속도와 가속도란 무엇이며 그것들이 서로 다른점은 무엇인가를 생각하면서 풀어라.

8. 총구에서 나가는 총알의 속도가 865m/s라면 총신안에서 총알의 가속도는 얼마이며 총신을 지나는 시간은 얼마인가? 총신의 길이는 67.5cm이다.

   풀이방향. 시간을 모를 때 등가속직선운동의 거리공식 $S=\frac{v^2-v_0^2}{2a}$ 을 리용하여 가속도를 구하고 가속도와 속도와의 관계식으로부터 시간을 구한다.

(**답**. 약 $5.54\times105\text{m/s}^2$, $1.56\times10^{-3}\text{s}$)

9. 멎어있던 승용차가 등가속운동하기 시작하는 순간에 그 옆으로 등속운동하는 전차가 승용차가 떠나는 방향으로 지나갔다. 승용차가 출발하여 50m 갔을 때 그것의 속도가 전차의 속도와 같아졌다면 그때부터 얼마의 거리를 더 달려야 전차를 따라잡겠는가?

   풀이방향. 승용차는 등가속운동을, 전차는 등속운동을 하며 승용차가 전차를 따라잡을 때까지 승용차와 전차가 운동한 거리가 같다는것을 리용하여 방정식을 작성하고 풀어보아라.

(**답**. 150m)

10. 1.2m/s^{2}의 가속도로 달리는 자동차 A가 떠난 다음 5s후에 2m/s^{2}의 가속도로 자동차 B가 같은 방향으로 떠났다.

ㄱ) 얼마후에 두 자동차의 속도가 같아지겠는가?

ㄴ) 얼마후에 어디에서 자동차 B가 A를 따라잡겠는가?

풀이방향. 등가속직선운동의 속도공식, 거리공식을 리용하여 속도가 같아질 때, 운동거리가 같아질 때의 방정식을 세우고 풀어라.

(**답**. ㄱ) 12.5s, ㄴ) 22.7s, 309m)

11. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

어떤 물체의 운동을 그라프로 표시하면 그림 2-10과 같다. 멎어있던 물체가 운동을 시작하여 첫 10s동안에 [ ]의 가속도로 등가속운동을 하여 속도가 [ ]로 되였다. 다음 [ ]동안에는 20m/s의 속도로 [ ]운동을 하였고 마지막 5s 동안에는 [ ]의 가속도로 [ ]운동을 하여 멎었다.

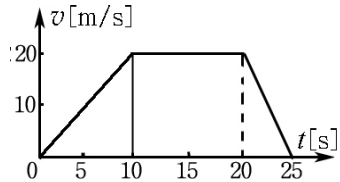



그림 2-10

풀이방향. 그라프를 보고 처음 10s동안은 처음속도가 령인 등가속운동이고 다음 10s동안은 등속운동이고 마지막 5s 동안은 등감속운동하여 멎었다는것을 알아내고 속도와 가속도를 계산하여라.

(**답**. 2m/s^2, 20m/s), 10s, 등속, -4m/s^2, 등감속)

12. 처음속도가 령인 등가속직선운동하는 물체가 매 1s동안에 지나간 거리의 비가 1:3:5:7 등과 같다는것을 증명하여라.

풀이방향. 등가속운동의 거리공식 $S = at^2/2$ 을 리용하여 $t = 1$s, 2s, 3s, … 때의 운동한 거리를 구하고 이웃한 시간의 거리차로 매초 지나간 거리를 알아내고 그것들의 비를 구하여라.

13. 높이가 44.1m인 절벽우에서 돌을 가만히 떨군 다음 1s 지나서 두번째 돌을 아래로 던졌더니 두 돌이 땅에 동시에 닿았다. 처음 돌이 떨어지는데 걸린 시간과 두번째 돌의 처음 속도를 구하여라.

풀이방향. 첫 돌은 처음속도없이 운동을 시작하였고 두번째 돌은 처음속도를 가지고 떨어진다는것과 두 돌이 떨어

진 높이가 같다는데 주의를 돌려라.

(답. 3s, 12.25m/s)

14. 물체가 270m높이에서 자유락하운동한다. 이 높이를 세 구간으로 나누되 매 구간을 떨어지는데 걸리는 시간을 꼭같게 나누어라.

풀이방향. 먼저 $h=gt^2/2$ 으로부터 물체가 떨어지는데 걸리는 총시간을 구하고 매 구간을 떨어지는데 걸리는 시간이 $t_1=t_2=t_3=t/3$ 임을 리용하여 매 구간의 거리를 구하여라.

(답. 30m, 90m, 150m)

15. 땅바닥에서 20m/s의 속도로 드림선을 따라 어떤 물체를 우로 던지는 순간에 10m의 높이에서 다른 물체가 자유락하한다. 두 물체는 얼마만한 시간후에 만나겠는가? 그리고 만나는 점의 높이는 얼마인가? 공기의 저항은 없다고 본다.

풀이방향. 첫 물체가 만날 때까지 올라간 높이, 둘째 돌이 만날 때까지 떨어진 높이를 표시하는 식으로 방정식을 작성하여라.

(답. 0.5s, 약 8.78m)

16. 드림선을 따라 5m/s의 속도로 올라가는 기구에서 물체를 가만히 놓았다. 물체가 땅에 떨어질 때까지 6s 걸렸다면 물체를 놓아줄 때 기구는 얼마만한 높이에 있었는가? 공기의 저항은 무시하고 $g=10\mathrm{m/s^2}$으로 계산하여라.

풀이방향. 기구에서 놓아준 물체는 기구가 올라가는 속도를 처음속도로 하여 우로 올려던진 물체와 같이 운동한다는것을 생각하여라.

(답. 150m)

17. 분수에서 솟아오르는 물줄기는 높이 오를수록 굵어지지만 아래로 내려오는 물줄기는 물방울로 갈라진다. 왜 그런가를 설명하여라.

풀이방향. 오르는 물줄기에서 물알갱이들은 감속운동을 하고 내려올 때에는 가속운동을 한다는것을 생각하여라.

18. 물체가 직선운동을 한다. 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 어떤 경우에 자리길의 길이와 변위의 크기가 언제나 같은가?

ㄴ) 어떤 경우에 자리길의 길이와 변위의 크기가 같을수도 있고 다를수도 있는가?

ㄷ) 어떤 경우에 자리길의 결이는 령이 아닌데 변위가 령으로 되는가?

풀이방향. 자리길과 변위란 무엇이며 어떻게 다른가를 생각하여

라. 그리고 직선운동에서도 속도에 따라 등속지선운동과 부등속직선운동이 있다는것을 고려하여라.

19. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.
   ㄱ) 물체에 힘이 작용하지 않으면 그의 □는 변하지 않는다. 물체의 이러한 □ 즉 자기의 운동 또는 정지상태를 유지하려는 □을 □이라고 부른다.
   ㄴ) 물체에 힘이 작용하면 힘의 □으로 □가 생기는데 이때 가속도의 크기는 □에 비례하고 □에는 거꿀비례한다.
   ㄷ) 작용이 있으면 반드시 □이 동시에 나타난다. □과 반작용은 크기가 □고 방향이 □이며 □은 서로 □에 있다.
   풀이방향. 뉴톤의 제1, 2, 3법칙을 생각하여라.

20. 다음 글에서 틀린것을 지적하고 그 리유를 밝혀라.
   ㄱ) 힘을 받지 않는 물체는 언제나 멎어있다.
   ㄴ) 물체에 작용하던 힘이 없어지면 그 물체는 멎는다.
   ㄷ) 물체는 작용한 힘의 방향으로만 운동한다.

21. 다음과 같은 운동은 어떤 경우에 일어나는가?
   ㄱ) 등속직선운동
   ㄴ) 등가속직선운동
   ㄷ) 등감속직선운동
   ㄹ) 등속원운동
   풀이방향. 뉴톤의 제1, 2법칙과 운동상태의 변화요인이 힘이라는 것을 생각하여라.

22. 다음과 같은 경우에 기관차가 렬차를 끄는데 어떤 힘이 필요한가?
   ㄱ) 움직이기 시작할 때
   ㄴ) 속도를 높일 때
   ㄷ) 일정한 속도로 달릴 때
   ㄹ) 일정한 속도로 경사길을 오를 때
   풀이방향. 뉴톤의 제2법칙으로부터 물체를 가속시키는데 필요한 힘, 최대정지마찰력, 미끄럼마찰력, 중력의 경사방향의 성분힘들을 생각하여라.

23. 그림 2-11과 같이 실의 두 끝에 각각 질량이 2kg, 3kg인 짐을 매여 도르래에 걸었다. 이 짐들은 어떤 가속도로 운동하겠는가? 짐을 매단 실의 장력을 구하여라. 도르래에서 마찰은

없다고 본다.

풀이방향. 실의 장력을 T라고 하면 첫 짐은 $T-m_1g$ 만 한 힘, 둘째 짐은 m_2g-T 만 한 힘에 의하여 가속운동하며 두 짐의 가속도가 같다는것을 생각하면서 뉴톤의 제2법칙을 적용하여라.

(답. 1.96m/s^2, 23.5N)

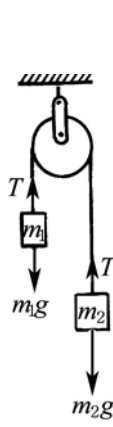
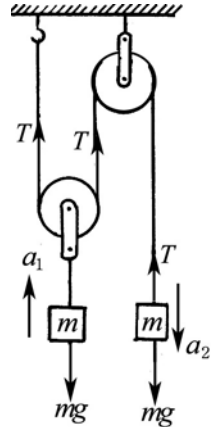



그림 2-11 그림 2-12

24. 그림 2-12와 같이 이동도르래와 고정도르래에 질량이 m인 꼭같은 추를 매달고 가만히 손을 떼였을 때 두 추의 가속도의 크기와 방향 및 줄의 장력을 구하여라. 도르래와 줄의 질량은 무시할수 있으며 마찰은 없다고 본다.

풀이방향. 도르래에서 힘과 이동거리관계를 따져보고 매 추에 뉴톤의 제2법칙을 적용하여 방정식을 작성하여라.

(답. $a_1=0.2\text{kg}$, $a_2=0.4\text{kg}$, $T=0.3\text{N}$)

25. 려객렬차가 72km/h의 속도로 역으로 들어오고있다. 렬차가 제동을 건후 20s 지나서 멎었다면 제동힘은 얼마인가? 렬차의 질량은 1 000t이다.

풀이방향. 먼저 등감속운동의 가속도를 구하고 뉴톤의 제2법칙을 리용하여 제동힘을 구하여라.

(답. 10^6N)

26. 25m 높이에서 질량이 1kg인 돌을 가만히 놓았더니 마지막속도가 20m/s로 되였다. 돌이 떨어질 때의 공기의 평균저항력을 구하여라.

풀이방향. 등가속운동의 식 $v^2=2ah$ 로부터 가속도를 구하고 뉴톤의 제2법칙을 적용하여라.

※ 에네르기전환 및 보존법칙을 리용하여 풀수도 있다.

(답. 1.8N)

27. 무게와 중력의 공통점과 차이점을 밝히고 그의 반작용을 각각 지적하여라.

풀이방향. 중력과 무게의 방향, 크기 질량과의 관계, 작용점, 측정법 등을 따져 비교해보아라.

무게와 중력이 각각 어떤 물체들사이의 호상작용인가를 따져보고 그의 반작용을 밝혀라.

28. 질량이 3t인 자동가 자기 질량의 절반되는 련결차를 끌고 떠나 10s동안 등가속운동을 하여 속도가 5m/s로 되였다. 저항힘을 무시한다면

ㄱ) 자동차가 끄는 힘은 얼마인가?

ㄴ) 자동차가 련결차를 끄는 힘과 련결차가 자동차를 끄는 힘은 얼마인가?

ㄷ) 련결차의 가속도는 어떤 힘에 의하여 생기며 자동차의 가속도는 어떤 힘에 의하여 생기겠는가?

풀이방향. 등가속운동속도공식을 리용하여 가속도를 구한 다음 뉴톤의 제2, 3법칙을 적용하여 가속도를 얻기 위한 힘과 반작용을 생각하여라.

29. 72km/h의 속도로 달리고있는 질량이 1t인 승용차를 5s동안에 멈춰세우려면 얼마만한 힘이 필요한가?

풀이방향. 운동량의 변화와 힘사이의 관계식을 리용하여라.

(**답.** 4kN)

30. 질량이 25t인 땅크가 9km/h의 속도로 달리면서 미제침략자들에게 포사격을 한다. 질량이 25kg인 포탄이 포신끝에서의 속도가 700m/s라면 앞에 나타난 적에 대하여 사격할 때와 뒤에 나타난 적에 대하여 사격할 때 땅크의 속도는 얼마이겠는가?

풀이방향. 운동량보존의 법칙을 리용하여라.

(**답.** 1.8m/s, 3.2m/s)

31. 높이가 1.2m인 대우에 200g짜리 사과알을 놓고 100g짜리 화살로 쏘았더니 화살이 수평으로 명중하여 사과알에 화살이 꽂힌채 5m뒤에 떨어졌다. 화살의 속도는 얼마인가?

풀이방향. 수평으로 던진 물체가 바닥에 떨어질 때까지 운동한 시간이 같은 높이에서 자유락하운동하는데 걸리는 시간과 같다는것을 생각하고 화살이 꽂힌 사과알의 속도를 구하고 운동량보존의 법칙을 적용하여라.

(**답.** 약 30m/s)

제3장. 력학적에네르기보존의 법칙

제1절. 일과 일능률

1. 력학적일과 일의 크기

물체에 힘이 작용하여 그것이 자리를 옮길 때 **일이 수행된다**고 말한다.

물체에 F만 한 힘이 작용하여 물체를 힘의 방향으로 S만큼 옮길 때 힘이 하는 일은 $A=F \cdot S$로 계산된다.

힘의 방향이 운동방향과 같지 않을 때의 힘의 크기는 물체에 준 힘과 물체가 운동한 거리 및 힘과 운동방향사이의 각의 코시누스를 곱한 값과 같다.(그림 3-1)

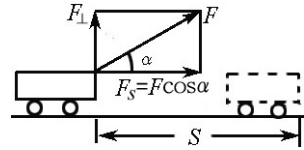



그림 3-1. 일의 크기

$$A=F \cdot S \cos\alpha$$

A: 일의 크기, F: 힘의 크기, S: 운동한 거리, α: 운동방향과 힘의 방향사이의 각이다.

일의 크기는 각 α에 따라 달라진다.(그림 3-2)

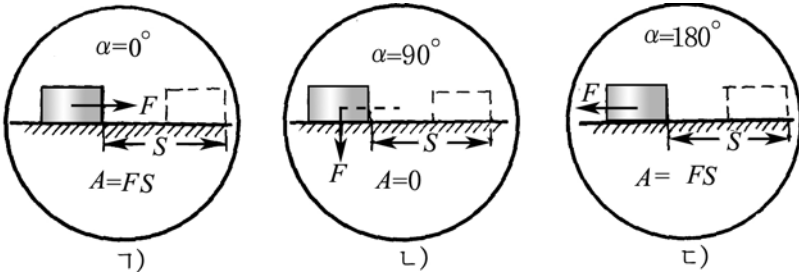



그림 3-2. 각에 따르는 일의 크기

· 힘의 방향과 운동방향이 같을 때(그림 ㄱ) $\alpha=0$이므로$A=F \cdot S$(일이 제일 크다.)

· 힘의 방향이 운동방향에 수직일 때(그림 ㄴ) $\alpha=90°$이므로 $A=0$(힘은 일하지 않는다.)

· 힘의 방향이 운동방향과 반대일 때(그림 ㄷ) α=180°이므로 $A=-F \cdot S$ (힘은 물체의 운동을 방해한다.)

※ 물체를 수평방향으로 끌 때 중력이 하는 일은 령이고 마찰력이 하는 일은 -이다.

일의 단위: 1J(줄)

1J은 물체를 1N의 힘으로 그 힘의 방향으로 1m의 거리만큼 옮겼을 때의 일이다.

$$1J=1N \cdot m$$

일의 크기는 그라프를 리용하여 계산할수 있다.

가로축에 운동한 거리 S, 세로축에 힘 F_S를 잡고 힘과 거리사이의 관계를 그라프로 그린다. 힘 F_S가 일정한 경우에는 그라프가 그림 3-3과 같다. 이 경우에 일 $A=F_S \cdot S$는 그림에서 빗선을 친 직4각형의 면적으로 표시된다.

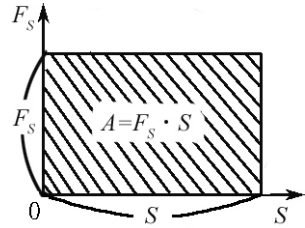



그림 3-3. 힘이 일정할 때의 일의 그라프

2. 일능률

일능률: 단위시간(1s)동안에 수행한 일의 크기로 재는 량

$$N=\frac{A}{t}$$

N: 일능률, A: 일, t: 시간

일능률의 단위: 1W(와트)

1W는 1s동안에 1J의 일을 하는 기계의 일능률이다.

1W=1J/s, 1kW=1 000W

일능률과 속도

일능률을 끄는 힘과 운동속도로 표시하면

$$N=\frac{A}{t}=\frac{F \cdot S}{t}=F \cdot v \qquad 즉 \qquad N=F \cdot v$$

기계의 일능률은 힘이 클수록, 작업속도가 빠를수록 크다.

일능률이 일정한 경우에는 끄는 힘과 운동속도는 거꿀비례한다.

제2절. 력학적에네르기

물체의 상태가 변하면서 일을 할수 있을 때 그 물체는 에네르기를 가지고있다고 말하며 물체가 일을 할수 있는 능력을 에네르기라고 부른다.

에네르기의 단위: 일의 단위와 같이 1J이다.

력학적에네르기는 다음과 같이 나눈다.

력학적에네르기 ─┬─ 운동에네르기
　　　　　　　　 └─ 자리에네르기

1. 운동에네르기

1) 운동에네르기와 그 크기

물체가 운동하기때문에 가지는 에네르기를 **운동에네르기**라고 부른다.

운동에네르기의 크기는 운동하던 물체가 멎을 때까지 수행한 일로 잰다.

속도 v로 운동하는 질량이 m인 밀차가 물체에 부딪쳐 F만 한 힘으로 물체를 S만큼 밀고가 멎었다고 하자.

이때 밀차가 한 일은 $A=F\cdot S$, 밀차는 가속도 $a=-\frac{F}{m}$로 감속운동하다가 멎으므로 $-v^2=2aS=2\left(-\frac{F}{m}\right)S$

즉
$$F\cdot S=\frac{m}{2}v^2$$

이 값이 밀차가 멎을 때까지 한 일, 즉 밀차의 운동에네르기이다.

즉
$$\boxed{K=\frac{1}{2}mv^2}$$

K: 운동에네르기, m: 물체의 질량, v: 운동속도

운동에네르기의 크기는 물체의 질량에 속도의 두제곱을 곱한 값의 절반과 같다.

2) 운동에네르기의 변화와 일사이의 관계

운동하는 물체가 일하면 일한것만큼 운동에네르기는 줄어든다.

반대로 외부힘이 물체를 밀어주는 일을 하면 그 물체의 운동에네르기는 외부힘이 한 일만큼 늘어난다.

$$A = K_2 - K_1$$

2. 중력의 자리에네르기

1) 중력의 자리에네르기와 그 크기

중력을 받는 물체는 그것이 놓여있는 자리(높이)에 의하여 결정되는 에네르기를 가지는데 이 에네르기를 포텐샬에네르기 또는 중력자리에네르기라고 부른다.

질량이 m인 물체가 기준면으로부터 h만 한 높이에 있을 때 중력을 받기때문에 가지게 되는 에네르기는 mgh와 같다.

$$U=mgh$$

중력을 받는 물체의 자리에네르기의 크기는 그 물체에 작용하는 중력에다 기준면으로부터의 높이를 곱한것과 같다.

자리에네르기에 대하여 말할 때에는 반드시 기준면을 지적해야 한다.

중력이 하는 일만큼 물체의 중력자리에네르기는 줄고 반대로 중력을 이기는 힘이 물체를 들어올리는 경우에는 그 힘이 하는 일만큼 중력의 자리에네르기가 늘어난다.

$$A=U_2-U_1$$

2) 중력의 자리에네르기와 물체의 안정성

① 평형의 세 형태

평형상태에 이는 물체에 외부힘이 작용하여 평형상태에서 벗어나게 할 때

· 중력중심의 자리가 높아지면(자리에네르기가 커지면)-안정한 평형(그림 3-4의 ㄱ)

· 중력중심의 자리가 낮아지면(자리에네르기가 작아지면)-불안정한 평형

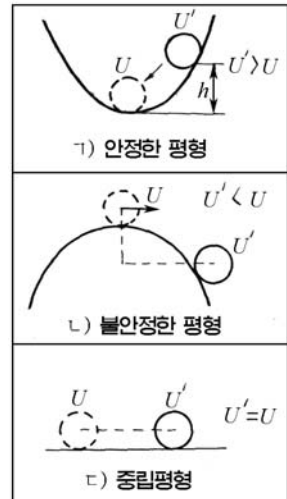



그림 3-4. 평형의 세가지 형태

(그림 3-4의 ㄴ)

· 중력중심의 높이가 변하지 않으면(자리에네르기가 변하지 않으면)-중렵평형이라고 부른다.(그림 3-4의 ㄷ)

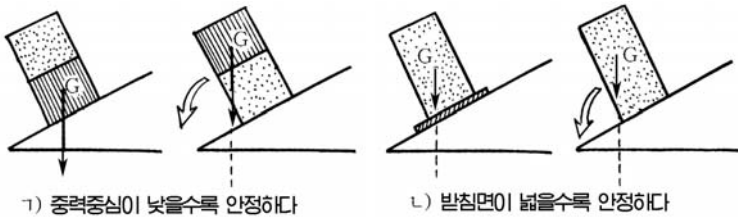
② 물체가 안정한 평형상태에 있기 위한 조건

· 중력중심을 될수록 낮추어주어 중력의 자리에네르기가 최소로 되여야 한다.

· 받침면의 면적이 커서 물체의 중력중심을 지나는 드림선(중력의 작용선)이 받침면을 지나가야 한다.(그림 3-5)

그림 3-5. 물체의 안정성

3. 튐성에네르기

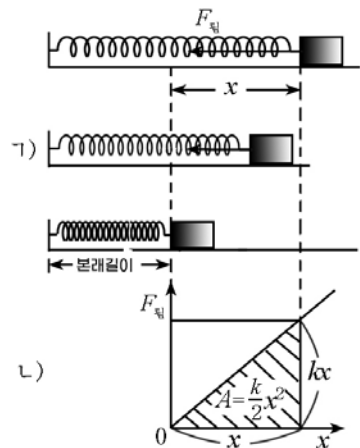
1) 튐성에네르기

변형된 튐성체는 본래상태로 돌아가면서 일을 할수 있으므로 에네르기를 가진다.

변형된 튐성체가 가지는 에네르기 즉 변형의 크기에 의하여 결정되는 자리에네르기를 튐성체의 포텐샬에네르기 또는 튐성에네르기라고 부른다.

그림 3-6. 튐성에네르기

2) 튐성에네르기의 크기

튐성에네르기의 크기는 변형된 튐성체가 본래상태로 되돌아가면서 할수 있는 일의 크기로 결정된다.

튐성결수가 k인 용수철이 x만큼 늘어났을 때 튐힘은 kx와 같다. 튐힘과 변형사이의 관계를 그라프로 그리면 그림 3-6과 같다. 이 용수철이

본래자리로 돌아올 때지 튐힘이 하는 일은 F-x그라프밑의 3각형의 면적으로 계산된다.(그림 ㄴ)

즉 $$A=\frac{1}{2}kx^2$$

x만큼 늘어난(또는 줄어든) 용수철의 튐성에네르기가 이 일과 같으므로 튐성에네르기의 크기는 다음과 같다.

$$\boxed{U=\frac{1}{2}kx^2}$$

용수철의 튐성에네르기는 용수철의 튐성결수에 늘어난 또는 줄어든 길이의 두제곱을 곱한 값의 절반과 같다.

3) 튐성에네르기변화와 일사이의 관계

튐힘이 일을 하면 일한만큼 튐성에네르기가 줄어들고 반대로 외부힘이 튐힘을 이겨내는 일을 하면 그만큼 튐성에네르기가 늘어난다.

※ 일반적으로 물체가 자기의 에네르기(운동에네르기와 자리에네르기)를 소비하면 에네르기가 줄어든것만큼 일을 한다. 반대로 다른 힘이 물체에 작용하여 일을 해주면 그 일만큼 물체의 에네르기가 늘어난다.

제3절. 력학적에네르기보존의 법칙

1. 력학적에네르기의 전환

물체가 가지고있는 운동에네르기와 자리에네르기의 합을 력학적에네르기라고 부른다.

에네르기전환: 한 형태의 에네르기가 다른 형태로 넘어가는것

례: 우로 던진 물체가 우로 오를 때 운동에네르기가 중력자리에네르기로 넘어가고 내려올 때에는 중력자리에네르기가 운동에네르기로 넘어간다.

에네르기전달: 에네르기가 한 물체에서 다른 물체에로 넘어가는것.

례: 속도 v로 운동하던 구가 멎어있는 꼭같은 구에 충돌하면 굴러가던 구는 멎고 멎었던 구가 속도 v로 운동한다.(운동에네르기의 전달)

2. 력학적에네르기보존의 법칙

물체가 마찰력을 받지 않고 운동할 때에는 운동에네르기와 자리에네르기가 서로 전환될뿐 전력학적에네르기는 언제나 보존된다.

이것을 력학적에네르기보존법칙이라고 부른다.

$K+U$=일정

중력을 받으면서 운동하는 경우의 력학적에네르기보존의 법칙

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{일정}$$

퇸힘을 받으면서 운동하는 경우의 력학적에네르기보존의 법칙

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \text{일정}$$

3. 흔들이에서의 력학적에네르기의 전환

흔들이가 흔들 때 마찰력(공기의 저항)이 매우 작아서 무시할 수 있으므로 자리에네르기와 운동에네르기가 서로 전환될뿐 전력학적에네르기는 변함없이 보존된다.

흔들이의 평형자리를 자리에네르기의 기준점으로 정할 때 추를 평혀자리에서 높이 h_0만큼 들었다놓아 흔들게 하면

되돌이점에서는 $E=K+U=mgh_0$

평형자리에서는 $E = K + U = \frac{1}{2}mv_0^2$

력학적에네르기 보존법칙에 의하여

$$mgh_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

여기서 평형자리를 지나는 순간의 최대속도를 구하면 다음과 같다.

$$v_0 = \sqrt{2gh_0}$$

[련습문제]

1. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣으라.
경사각이 α 인 경사면에서 질량이 m인 물체를 S만 한 거리로 등속으로 끌어올렸을 때 맞선힘 ☐가 하는 일은 ☐이고 중력 mg의 경사면방향의 성분힘 ☐가 하는 일은 ☐이다. 마찰결수를 μ라고 하면 마찰력 ☐가 하는 일은 ☐이다.
풀이방향. 물체에 작용하는 중력 mg를 경사면에 평행인 방향과 수직인 방향으로 분해하고 여기에 면의 맞선힘, 마찰력, 등속으로 끌어올리는 힘을 함께 따져보아라.
(**답.** $mgcos\alpha$, 령, $mgsin\alpha$, $-mgsin\alpha$,
$mgcos\alpha$, 령, $\mu mgcos\alpha$, $-\mu mgscos\alpha$)

2. 짐을 실은 화물자동차의 전체 질량이 6t이고 가속도가 0.2m/s2이다. 자동차가 운동을 시작하여 5s동안에 수행한 일은 얼마인가? 마찰결수는 0.05이다.
풀이방향. 자동차의 끄는 힘은 뉴톤의 제2법칙에 의하여 $F = ma + F_{마}$ 이고 자동차가 운동한 거리는 $S = \frac{1}{2}at^2$ 임을 생각하여라.
(**답.** 10.35kJ)

3. 자동차가 언덕길을 오를 때보다 수평길에서 빨리 달린다. 그 리유를 설명하여라.
풀이방향. 수평길과 언덕길에서 자동차의 끄는 힘을 따져보고 일능률이 일정할 때 $N = F \cdot v$ 라는것을 생각하여라.

4. 비행기가 활주로에서 100m의 거리를 지난후에 떠올랐다. 비행기가 떠오르는 순간의 속가 25m/s이고 비행기의 질량이 1t이라면 활주로를 달릴 때 비행기의 일능률은 얼마인가? 마찰결수는 0.02이다.
풀이방향. 비행기의 끄는 힘은 $F = ma + F_{마}$ 이고 가속도 a는 $v^2 = 2aS$ 를 리용하여 구할수 있다. 비행기가 운동한 시간인 $S = \frac{1}{2}at^2$ 을 리용하여 구할수 있다. 결국

$N=\dfrac{F\cdot S}{t}$ 에 의하여 일능률을 구하여라.

(**답**. 약 41.5kW)

5. 질량이 10g인 총알이 500m/s의 속도로 날아오다가 목표물을 뚫고나가면서 800J의 일을 하였다. 목표물을 지난 다음 총알의 속도를 구하여라.

풀이방향. 물체의 운동에네르기의 변화는 그것이 수행한 일과 같다는것을 생각하여라.

(**답**. 300m/s)

6. 질량이 500t인 렬차가 72km/h의 속도로 달리고있다.

ㄱ) 이 렬차의 운동에네르기는 얼마인가?

ㄴ) 마찰결수가 0.02라면 수평길에서 이 렬차의 일능률은 얼마인가?

ㄷ) 수평길에서 일정한 속도로 달리고있을 때 가관차는 어떤 일을 하는가?

ㄹ) 경사도가 1/1 000(1 000m마다 1m씩 높아지는)은 올리막길에서 72km/h의 시속을 그대로 유지하려면 수평인 철길을 달릴 때보다 일능률을 얼마나 높여야 하겠는가?

풀이방향. 운동에네르기의 크기, 일능률과 속도와의 관계를 생각하여라. 올리막길에서 기관차의 이링 어디에 쓰이는가를 생각하여라.

(**답**. ㄱ) $k=10^{8}$J, ㄴ) $N=1.96\times10^{5}$W, ㄹ) $\Delta N=98$kW)

7. 질량이 1t인 승용차가 36km/h의 속도로 달릴 때 다음과 같은 경우에 승용차의 일능률을 구하여라.

ㄱ) 마찰결수가 0.07인 수평길로 달릴 때

ㄴ) 경사도가 5/100인 올리막길로 올라갈 때

ㄷ) 같은 경사면에서 내려갈 때

풀이방향. 물체가 등속으로 달리기 위한 조건, 일능률과 속도와의 관계, 경사면을 오를 때와 내릴 때 자리에네르기의 변화 및 자리에네르기변화와 일사이의 관계를 생각하여라.

(**답**. ㄱ) 6.86kW), ㄴ) 11.76kW, ㄷ) 1.96kW)

8. 멎어있는 자동차가 5m/s의 속도로 달리는 경우와 5m/s의 속도로 달리던 자동차가 10m/s의 속도로 달리는 경우 자동차의 발동기가 하는 일을 비교하여보아라. 두 경우에 작용하는 저항력은 같다.

풀이방향. 운동에네르기의 변화와 일사이의 관계를 리용하여라.

9. 길이 2m, 질량 100kg인 고르로운 막대기가 땅우에 수평으로 놓여있다. 이것을 수직으로 세우기위하여 하여야 할 일을 계산하여라.

풀이방향. 막대기의 중력중심의 자리를 1m만큼 높이는데 필요한 일과 같다는것을 생각하여라.

10. 튐성결수가 k인 용수철의 수평으로 놓여있고 그의 한 끝은 고정되여있다. 질량이 m이고 속도가 v인 구가 용수철의 고정되지 않은 끝에 수평방향으로 굴러와서 정면으로 부딪쳤다. 용수철은 최대로 얼마나 줄어들겠는가?

풀이방향. 구의 운동에네르기가 모두 용수철의 튐성에네르기로서전환된다는것을 생각하여라.

11. 책상우에 튐성결수가 1 960N/m인 용수철을 수직으로 세워놓았다. 용수철의 웃끝으로부터 0.5m되는 높이에서 질량이 2kg인 물체가 절로 떨어져 용수철에 부딪친다면 용수철은 최대로 얼마나 줄어들겠는가?

풀이방향. 물체가 우에서 처음 가지고있던 중력자리에네르기는 떨어진 튐성에네르기로 전환된다는것을 생각하여라. 여기서 물체의 떨어진 높이는 처음에 용수철의 웃끝으로부터의 높이와 줄어드는 용수철의 길이의 합 $(h+x)$으로 된다는데 주의하여야 한다.

12. 다음 현상의 원인을 설명하여라.

ㄱ) 걸상에 앉았다가 일어서려고 할 때 몸을 앞으로 굽히는 리유

ㄴ) 교예배우가 바줄을 탈 때에 손에 우산을 드는 리유

ㄷ) 배아 흔들릴 때 사람들이 두 발을 넓게 벌리고 서는 리유

ㄹ) 오른손에 물바께쯔를 든 사람이 왼손을 옆으로 벌리거나 몸을 왼쪽으로 기울이는 리유

풀이방향. 물체가 안정한 평형상태에 있기 위한 조건을 생각하여라.

13. 돌을 10m/s에서 속도로 드림선우로 던졌다. 얼마만한 높이에서 돌의 운동에네르기와 자리에네르기가 같아지겠는가?

풀이방향. 돌을 던진 자리(높이가 령)와 운동에네르기와 자리에네르기가 같아지는 자리(높이 h)에 대하여 에네르기보존의 법칙을 적용하여라.

14. 길이가 1m인 실에 추를 매달고 실의 한끝을 높이가 3m인 천정에 고정하였다. 추를 수평으로 기울였다가 놓아주었더니 추가 평형자리를 지날 때 실이 끊어졌다. 이때의 추의 속도와 추가 땅에 떨어질 때의 속도를 구하여라.

풀이방향. 추가 땅에 떨어질 때의 속도는 실이 끊어질 때의 수평방향의 속도와 평형자리에서 추가 자유락하할 때 땅에서의 드림선방향의 속도를 합성한 속도와 같다.

(**답.** 4.43m/s, 7.67m/s)

15. 용수출권총을 드림선방향으로 올려쏜다. 튐성결수가 200N/m인 용수철을 5cm만큼 압축하였다가 쏜다면 질량이 5g인총알이 얼마나 올라가겠는가? 3m높이에서 속도는 얼마겠는가? 저항은 없다.

풀이방향. 용수철의 처음튐성에네르기, 총끝에서 총알의 운동에네르기, 최고높이에서 총알의 자리에네르기, 3m높이에서 총알의 운동에네르기와 자리에네르기의 합이 일정하게 보존된다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 5.1m, 약 6.4m/s)

제4장. 류체의 운동과 압력

제1절. 류체속의 압력

1. 압 력

단위면적을 수직으로 누르는 힘으로 표시되는 량을 **압력**이라고 부른다.

$$P = \frac{F}{S}$$

P:압력, F: 면을 수직으로 누르는 힘, S: 힘을 받는 면적

압력의 단위: 1Pa(파스칼)

1Pa은 $1m^2$의 면적을 1N의 힘으로 누를 때의 압력이다.

$$1Pa=1N/m^2$$

1Pa은 매우 작은 값이므로 보통 1KPa, 1MPa 등을 많이 쓴다.

$$1kPa=10^3Pa,\ 1MPa=10^6Pa$$

2. 액체속의 압력과 깊이사이의 관계

액체속의 압력의 크기는 같은 깊이에서는 모든 방향에서 같고 깊을수록 커진다.

$$P = P_0 + \rho gh$$

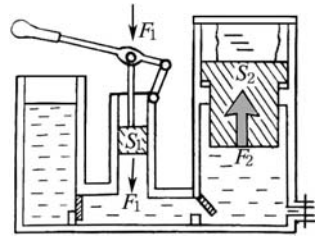
P: 액체속의 압력, P_0: 액체웃면이 받는 외부압력(공기의 압력-대기압), ρ: 액체의 밀도, g: 중력가속도, h: 액체의 깊이

3. 파스칼의 법칙

액체나 기체의 한 곳에 준 압력은 모든 방향으로 같은 크기로 전달된다. 이것을 **파스칼의 법칙**이라고 부른다.

파스칼의 법칙은 류체의 압력을 리용하여 작은 힘으로 큰 힘을 얻는 프레스를 만드는 원리에 리용된다.

그림 4-1. 수압프레스의 원리

수압프레스의 기본부분은 직경이 다른 두개의 원통과 피스톤, 뽐프이다.(그림 4-1)

자름면적이 S_1인 작은 피스톤에 힘 F_1로 $P=F_1/S_1$만 한 압력을 주면 이 압력은 파스칼의 법칙에 따라 큰 피스톤에 같은 크기로 전달된다.

큰 피스톤의 자름면적이 S_2이면 여기에 작용하는 힘은

$$\boxed{F_2=\frac{S_2}{S_1}F_1}$$

이 힘은 F_1의 S_2/S_1배로 크게 작용한다.

기름의 압력을 리용한 유압프레스나 유압장치는 자동하차기, 자동차기중기, 지게차, 굴착기 등에 널리 리용되고있으며 공기의 압력으로 큰 힘을 얻는 장치는 기차와 전차, 자동차 등의 제동기와 문을 여닫는데 리용되고있다.

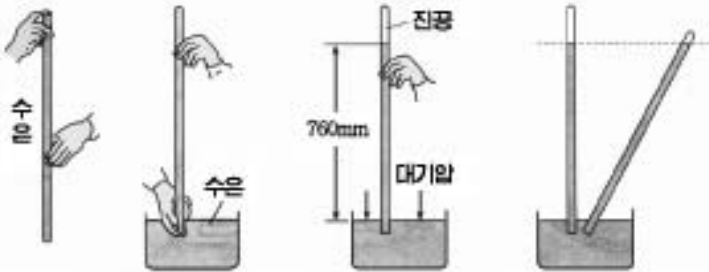



그림 4-2. 토리첼리의 실험

4. 대기압

지구를 둘러싼 공기를 **대기**라고 부르며 대기의 무게때문에 생기는 압력을 **대기압**이라고 부른다.

대기압의 크기는 지구겉면으로부터의 높이와 날씨에 따라 다르다.

76cm 높이의 수은기둥이 누르는 압력과 같은 대기압을 **표준대기압**이라고 부른다.(그림 4-2)

표준대기압의 크기는 $P=\rho gh$에 의하여

$$P=13.6\times10^3\text{kg/m}^3\times9.8\text{m/s}^2\times0.76\approx1.013\times10^5\text{Pa}$$

표준대기압 $\boxed{P=1.013\times10^5\text{Pa}}$

5. 련통관

액체가 흐르면 서로 오갈수 있도록 아래부분이 련결된 관을 **련통관**이라고 부른다.

련통관에 있는 액체가 흐르지 않을 때 액면의 높이는 같다.

이것을 **련통관의 원리**라고 부른다.

6. 아르키메데스의 법칙

1) 뜰힘

액체나 기체가 그속에 잠긴 물체를 올려미는 힘을 **뜰힘**이라고 부른다.

뜰힘은 액체의 깊이에 따라 압력이 다르기때문에 생긴다.

2) 뜰힘의 크기

뜰힘의 크기는 물체나 밀어낸 액체나 기체의 무게와 같다.

$$F_{뜰} = \rho_{액}Vg = m_{액}g$$

$F_{뜰}$: 뜰힘, $\rho_{액}$: 액체의 밀도, V: 물체의 체적

$m_{액}g$: 밀려난 액체의 무게

이것을 **아르키메데스의 법칙**이라고 부른다.

※ 기체에서는 $F_{뜰} = \rho_{기}Vg = m_{기}g$

3) 물체의 뜰 조건

뜰힘이 중력보다 작으면 물체는 가라앉는다. 뜰힘과 중력이 같으면 물체는 떠있다.

뜰힘이 중력보다 크면 물체는 떠오른다.

배의 잠긴선: 배의 옆면에 짐을 그이상 더 실어서는 안된다는것을 표시한 선

배수량: 배가 잠긴 선까지 밀어낸 물의 무게

제2절. 류체의 운동

1. 흐름의 련속방정식

류선(흐름선): 류체속에 그린 곡선우의 매 점에서 그은 접선방향이 그 점에서의 류체의 속도방향과 같은 곡선

정상흐름: 류선의 모양이 시간에 따라 변하지 않는 흐름

류관(흐름관): 류선들로 둘러싸인 가상적인 관

액체의 비압축성: 밖에서 큰 압력으로 눌러도 체적이 달라지지 않는 액체의 성질

류관의 자름면적과 그 면을 지나는 액체의 속도를 곱한것은 늘 일정하다. 이것을 **흐름의 련속방정식**이라고 부른다.

$$\boxed{S_1 v_1 = S_2 v_2} \quad \text{또는} \quad \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}}$$

련속방정식은 정상흐름에서 비압축성류체의 속도는 자름면적에 거꿀비례한다는것을 보여준다.

2. 액체의 압력과 일사이의 관계

관으로 액체를 나를 때 관의 두 끝에 압력차를 만들어 액체를 흐르게 한다. 이때 액체가 옮겨가면 압력은 일을 한다.

외부압력이 액체에 하는 일은 압력차에 흘러들거나 흘러나간 체적을 곱한것과 같다.

$$\boxed{A = (P_1 - P_2)V}$$

A: 압력이 하는 일, $(P_1 - P_2)$: 관의 두 끝의 압력차

V: 흘러들거나 흘러나간 액체의 체적

3. 베르누이정리

1) 류체의 압력과 속도사이의 관계

그림 4-3, 4-4와 같은 실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

류체의 흐름속도가 작은 곳에서는 압력이 크고 류체의 흐름속도가 큰 곳에서는 압력이 작다.

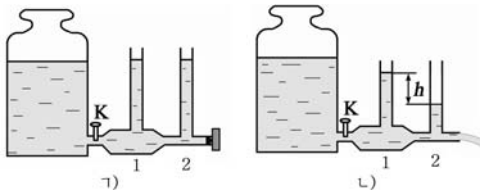



그림 4-3. 물의 흐름속도와 압력과의 관계를 알아보는 실험

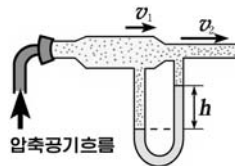



그림 4-4. 공기의 흐름속도와 압력과의 관계를 알아보는 실험

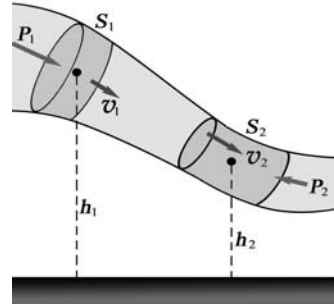
2) 베르누이정리

그림 4-5와 같은 류관에서 자름면적이 S_1, S_2 인 임의의 두 곳에서의 류체의 흐름속도를 v_1, v_2, 이 두곳을 지날 때의 류체의 압력을 P_1, P_2, 높이를 h_1, h_2 이라고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

그림 4-5. 베르누이정리

$$P_1 + \frac{\rho}{2}v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{\rho}{2}v_2^2 + \rho g h_2$$

류체의 임의의 곳에서는

$$P + \frac{\rho}{2}v^2 + \rho g h = C \quad (\text{일정})$$

여기서 P: **정압**, $\frac{\rho}{2}v^2$: **동압**, $\rho g h$ 를 **자리압**이라고 부른다.

류체에서 정압과 동압, 자리압의 합은 일정하다. 다시말하여 정상흐름인 때 류체의 속도가 빠른 곳에서 압력은 작다. 이것을 **베르누이정리**라고 부른다.

웃식에서 정압은 단위체적의 류체를 이동시킬 때 압력이 하는 일이고 동안은 단위체적의 류체가 가지는 운동에네르기, 자리압은 단위체적의 류체가 가지는 자리에네르기이다. 그러므로 베르누이정리는 류체에 적용한 력학적에네르기보존법칙이다.

3) 베르누이정리의 응용

① 마그누스효과

물체가 류체속에서 돌면서 운동할 때 압력차에 의한 힘을 받아 자리길이 굽어드는 현상을 마그누스효과라고 부른다.(그림 4-6)

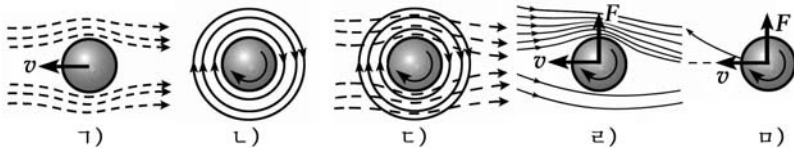



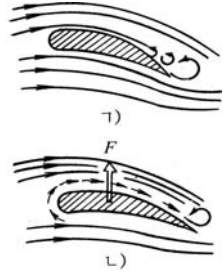
그림 4-6. 마그누스효과

② 비행기날개의 양력

비행기가 빠른 속도롤 운동하면 날개의 웃부분 뒤에서 시계바늘과 반대로 돌아가는 회리모양의 흐름이 생긴다. 이 회리부분은 속도가 빠르므로 압력이 작아져서 날개웃부분의 공기를 빨아들이게 된다. 그리하여 날개의 웃면에서의 공기의 속도가 아래면에서보다

커진다. 이때 날개 웃부분에서의 압력이 아래부분보다 작으므로 날개를 올려미는 힘 F 즉 양력이 생긴다.(그림 4-7)

그림 4-7. 비행기날개의 양력

4. 류체의 저항

1) 끈기(점성)

류체의 두 층이 서로 다른 속도로 나란히 운동할 때 두 층사이에 생기는 마찰력을 **내부마찰력** 또는 **끈기힘**이라고 부른다.

실험에 의하면 끈기힘은 서로 가까이에 있는 두 층의 속도차와 맞닿은 면의 면적에 비례하고 층들사이의 거리에 거꿀비례한다.

$$F = \eta \cdot \frac{v_1 - v_2}{d} \cdot S$$

F: 끈기힘, $(v_1 - v_2)$: 두 층의 속도차, S: 맞닿은 면의 면적,
η: 끈기결수(류체의 종류, 온도에 관계된다.)

끈기결수의 단위: 1N·s/m^2=1Pa·s

1Pa·s은 맞닿은 면적이 1m^2, 두 층의 속도차가 1m/s, 그사이의 거리가 1m일 때 끈기힘이 1N이 되는 끈기결수이다.

끈기결수는 온도가 높아질 때 액체에서는 작아지며 기체에서는 커진다.

2) 끈기저항(점성저항)

끈기저항: 물체가 류체속으로 운동할 때 끈기힘때문에 받는 저항
끈기저항의 크기는 물체의 속도가 크지 않을 때 속도에 비례한다.

$$F = rv$$

r: 끈기저항결수(물체의 모양과 류체의 종류에 관계된다.)
반경이 R인 구가 류체속에서 운동할 때 끈기저항결수는

$$r = 6\pi\eta R$$

구가 받는 끈기저항은

$$F = 6\pi\eta Rv$$

이다. 이것을 **스톡스의 법칙**이라고 부른다.

3) 압력저항

압력저항: 물체가 류체속에서 빨리 운동할 때 물체뒤에 회리가

생겨 물체의 앞부분과 뒤부분의 압력차때문에 받는 저항.

실험에 의하면 압력저하의 크기는 물체의 속도의 두제곱과 자름면적에 비례한다.

$$F = \frac{C\rho S}{2} v^2$$

ρ: 류체의 밀도, S: 물체의 속도,
C: 압력저항결수(물체의 모양에 관계된다.)

류선형: 압력저항을 작게 하려고 물체뒤에 회리가 적게 생기게끔 만든 물체와 모양.

[련습문제]

1. 그릇속에 서로 섞이지 않는 세가지 액체 즉 기름(밀도 900kg/m^3), 물(밀도 1 000kg/m^3), 수은(밀도 13600kg/m^3)이 들어있는데 이것들의 높이는 각각 5cm이다. 그릇의 밑바닥에서의 압력을 구하여라.

풀이방향. 액체속의 압력 $P = \rho gh$를 리용하여라.

(**답.** 7595Pa)

2. 바다걸면으로부터 5m 깊이에 있는 배의 벽에 면적이 50cm^{2}인 구멍이 있다. 이 구멍으로 배에 물이 들어오지 못하도록 막기 위해서는 얼마의 힘을 주어야 하겠는가? 바다물의 밀도는 1.03×10^3kg/m^{3}이다.

풀이방향. 액체속의 압력공식 $P = \rho gh$ 와 압력공식 $P = F/S$ 에서 $F = PS$ 임을 생각하여라.

(**답.** 252.35N)

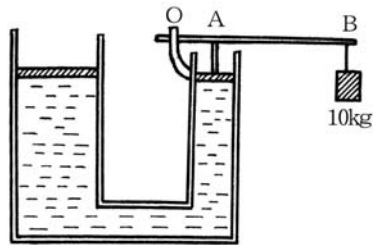



그림 4-8

3. 그림 4-8에 수압기의 원리를 그렸다. 지레의 끝 B에 10kg의 추를 달아놓으면 큰 피스톤은 얼마만한 힘으로 올려밀겠는가? 여기서

OA=20cm, OB=1m, 피스톤의 직경비는 1:3이다. 피스톤과 지레의 무게는 무시하여라.

풀이방향. 힘에서 몇배의 리득을 볼수 있는가를 따져보아라.(지레에서 5배, 피스톤의 자름면적차에서 3^2배, 계 45배)

(**답.** 4410N)

4. 그림 4-9와 같이 련통관의 한쪽에 수은을 넣고 다른쪽에는 차례로 물과 기름을 넣어 평형이 이루어졌다. 이제 수은과 물의 경계면으로부터 수은, 물, 기름의 높이가 각각 2cm, 10cm, 30cm였다면 기름의 밀도는 얼마인가? 물의 밀도는 1000kg/m^3, 수은의 밀도는 13 600kg/m^{3}이다.

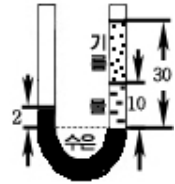



그림 4-9

풀이방향. 련통관에서 액체가 흐르지 않을 때 량쪽가지의 압력이 같다는것을 생각하여라.

(**답.** 860kg/m^3)

5. 빨아올리는 물뽐프는 물걸면에서 10m이상 높은 곳에 설치하지 말아야 한다. 그 리유를 설명하여라.

풀이방향. 대기압과 물기둥의 압력을 같게 하려면 물기둥의 높이가 얼마로 되여야 하는가를 계산해보고 대답하여라.

6. 물체의 무게는 지구의 위도에 따라 달라진다. 적도지방의 항구에서 짐을 실은 배가 북쪽으로 항행할 때 바다에 잠기는 배의 깊이가 어떻게 되겠는가?

풀이방향. 아르키메데스의 법칙, 배가 뜨기 위한 조건을 생각하여라. 북쪽으로 항행할수록 배의 무게가 커지면 배가 밀어낸 물의 무게(뜰힘)다 커진다는데 주의하여라.

(**답.** 달라지지 않는다.)

7. 그릇안에 담긴 물우에 얼음이 떠있을 때 그것이 녹으면 물면높이가 어떻게 변하겠는가?

ㄱ) 얼음이 녹는 물의 온도가 0℃일 때

ㄴ) 얼음이 녹는 물의 온도가 4℃일 때

ㄷ) 얼음이 녹는 물의 온도가 4℃보다 높을 때

풀이방향. 아르키메데스의 법칙, 물이 얼거나 얼음이 녹을 때 밀도변화, 물의 영팽창의 특성 등을 생각하여라.

8. 바다에 얼음산이 떠있는대 물면밖으로 나온 체적이 100m^{3}라면

얼음산의 총체적은 얼마인가? 얼음의 밀도는 917kg/m^3, 바다물의 밀도는 1 025kg/m^{3}이다.

풀이방향. 아르키메데스의 법칙과 물체의 뜰 조건을 리용하여라.

(**답.** 949m^3)

9. 포탄을 가득 실은 자동차의 질량이 4.5t이다. 이 자동차를 떼목을 태워 강을 건느려고 한다. 체적이 0.6m^{3}인 소나무 몇대로 떼를 무어야 하겠는가? 소나무의 밀도는 500g/m^{3}이다.

풀이방향. 아르키메데스의 법칙과 물체의 뜰 조건을 리용하되 먼저 소나무한대에 실을수 있는 짐의 량을 구하고 다음 필요한 대수를 결정하여라.

(**답.** 15대이상)

10. 분수의 뿜는 구멍의 자름면적이 0.48cm^{2}이다. 여기서 분수가 2.5m까지 올라간다면 그것과 이어진 자름면적이 3.2cm^{2}인 수도관에서 물의 흐름속도는 얼마인가?

풀이방향. 분수가 뿜우지는 구멍에서의 물의 흐름속도를 우로 던진 물체의 운동공식을 리용하여 구한 다음 흐름의 련속방정식을 리용하여라.

(**답.** 1.05m/s)

11. 어느 화학공장에서 관을 따라 화학약품을 수송하고있다. 10kW짜리 압축기로 관의 두 끝에 2×10^5Pa의 압력차를 만들어 20m^{3}의 약품을 나르려면 압축기는 얼마만한 시간동안 돌려야 하겠는가?

풀이방향. $A=Nt$ 와 압력이 하는 일 $A=(P_1-P_2)V$ 를 리용하여라.

(**답.** 400s=6min 40s)

12. 관의 반경이 1cm인 물총을 우로 향하게 하고 50N의 힘으로 피스톤을 밀면 물줄기가 얼마만한 높이까지 오르겠는가?

풀이방향. 피스톤의 자리를 높이의 기준점으로 잡고 물총의 분사구멍에 비해서 피스톤의 자름면적이 충분히 크다는 것을 생각하면서 피스톤의 거리와 정점에서 베르누이정리를 적용하여라.

(**답.** 약 6m)

13. 비행기가 떠오르거나 내릴 때에는 바람과 반대방향으로 운동한다. 왜 그렇게 하는가?

풀이방향. 비행기날개에서 양력은 날개에 대한 공기의 상대흐름 속도가 클수록 크다는것 또한 비행기에 작용하는 공기의 저항력도 공기의 상대속도가 클수록 크다는것을 생각하여라.

14. 반경이 $r=0.1\mathrm{mm}$인 물방울이 떨어질 때의 마지막속도를 구하여라. 물방울이 받는 저항력은 스톡스의 법칙 $F=6\pi\eta rv$ 를 만족시키고 공기의 저항력이 같아질 때 등속(마지막속도)으로 떨어진다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 1.2m/s)

15. 같은 재료로 만든 두 금속구가 공기중에서 떨어진다. 한 구는 다른 구에 비하여 직경이 2배 더 크다. 구들은 공기중에서 압력저항만을 받는다면 큰 구의 속도는 작은 구의 속도의 몇배나 더 빠르겠는가?

풀이방향. 구에 작용하는 중력과 압력저항이 같아질 때 등속운동한다는것을 생각하여라. 구의 체적은 직경의 세제곱에 비례하고 자름면적은 직경의 두제곱에 비례함을 고려하여라.

(**답.** $v_2=\sqrt{2}v_1$)

제5장. 물질의 분자구조와 성질

제1절. 물질의 분자구조와 열운동

1. 물질의 분자구조와 열운동

1) 물질을 이루고있는 알갱이-분자

물질은 매우 작은 알갱이들로 이루어져있다.

물질의 성질을 그대로 가지고있는 가장 작은 알갱이를 **분자**라고 부른다.

2) 분자들사이에 작용하는 힘

물질을 이루는 분자들사이에는 끌힘과 밀힘이 작용한다.

분자들은 용수철로 서로 이어놓은것처럼 멀어지면 끌힘이 더 세고 가까와지면 밀힘이 더 세게 작용한다.(그림 5-1)

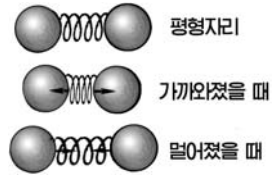



그림 5-1. 분자들사이에 작용하는 힘모형

3) 분자들의 열운동

물우에 떠있는 꽃가루, 먹물속에 떠다니는 먹알갱이, 공기속에 떠있는 연기알갱이와 같은 작은 알갱이들이 무질서하게 끊임없이 운동하는것을 **브라운운동**이라고 부른다. 브라운운동을 하는 작은 알갱이를 **브라운알갱이**라고 부른다.

브라운운동은 브라운알갱이들이 그것들을 둘러싸고있는 분자들과 쉬임없이 부딪치는 과정에 일어난다.

브라운운동을 통하여 물질을 이루는 분자들이 쉬임없이 무질서한 운동을 한다는것을 알아냈다.

분자들의 쉬임없는 무질서한 운도은 온도가 높을수록 더 세게 일어난다.

온도에 관계되는 분자들의 무질서한 운동을 **열운동**이라고 부른다.

분자들의 열운동이 얼마나 세차게 일어나는가 하는 정도를 온도로 나타낸다.

4) 절대온도

일상생활에서 많이 쓰는 온도는 물이 어는 온도를 0℃로, 물이 끓는 온도를 100℃로 정한 셀씨우스온도이다.

셀씨우스온도의 단위는 1℃(도)이다.

분자들의 열운동이 멎어버리는 온도가 제일 낮은 온도인데 -273℃이다. 이보다 더 낮은 온도는 없다.

제일 낮은 온도인 -273℃를 령점으로 하고 온도눈금간격을 셀씨우스온도눈금간격과 같게 정한 온도를 **절대온도**라고 부른다.

절대온도의 단위는 1K(켈빈)이다.

절대온도 T와 셀씨우스온도 t사이의 관계는 다음과 같다.

$$T=273+t \text{ 또는 } t=T-273$$

2. 고체, 액체, 기체의 분자구조와 열운동의 차이

1) 고체의 구조와 분자들의 열운동

고체를 이루는 분자들은 평형자리에 굳게 머물러있으면서 이 자리를 중심으로 진동한다. 따라서 고체는 일정한 모양과 체적을 가진 굳은 물질이다.(그림 5-2)

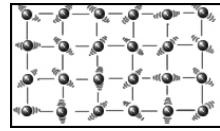



그림 5-2. 고체분자들의 열운동모형

물질을 이루는 분자, 원자, 이온들이 규칙적으로 배렬되여있는 고체를 **결정체**라고 부른다.

결정체에서 이웃에 있는 분자들의 중심을 직선으로 이어가면 살창을 이루는데 이것을 **결정살창**이라고 부른다.(그림 5-3)

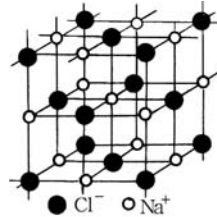



그림 5-3. 소금의 결정살창

물질을 이루는 분자나 원자가 규칙적으로 배렬되여있지 않는 고체를 **무정형체**라고 부른다.

2) 액체의 구조와 분자들의 열운동

액체를 이루는 분자들은 평형자리에서 진동하다가도 쉽게 다른 평형자리로 옮겨가면서 진동한다. 따라서 액체는 일정한 체적을 가지지만 모양이 없고 잘 흐르는 성질을 가진다.(그림 5-4)

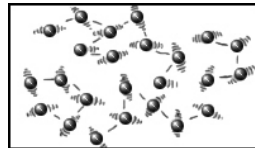



그림 5-4. 액체분자들의 열운동모형

3) 기체의 구조와 분자들의 열운동

기체를 이루는 분자들사이의 거리는 고체나 액체에서보다 훨씬 멀어서 분자들사이의 호상작용이 거의 없다. 따라서 분자들이 완전히 무질서하게 자유로이 떠돌아다닌다. 그러므로 기체는 체적과 모양이 일정하지 않고 잘 흐르며 쉽게 압축할수 있다.(그림 5-5)

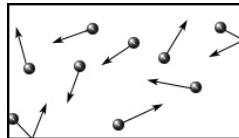



그림 5-5. 기체분자들의 열운동모형

※ 액체와 기체는 잘 흐를수 있는 물질이므로 류체라고 부른다.

제2절. 기체법칙

기체의 상태는 그의 압력, 체적 및 온도로 표시한다. 이것들가운데서 어느 하나라도 변하면 기체의 상태가 변한다.

1. 보일-마리오트의 법칙

온도가 일정할 때 기체의 상태가 변하는것을 **등온변화**라고 부른다.

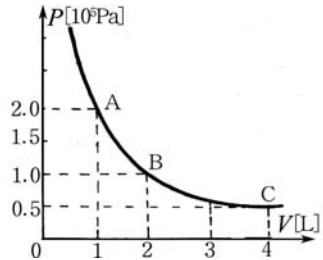
온도가 일정할 때 닫긴 그릇속의 기체의 압력은 체적에 거꿀비례한다.

처음상태의 기체의 압력과 체적을 P_1, V_1, 마지막상태의 기체의 압력과 체적을 P_2, V_2 라고 하면 온도가 일정할 때 압력과 체적사이의 관계는 다음과 같다.

$$\boxed{P_1V_1 = P_2V_2} \text{ 또는 } \boxed{PV = \text{일정}}$$

그림 5-6. 보일-마리오트 법칙의 그라프표시

온도가 변하지 않을 때 질량이 일정한 기체는 그 상태가 변하여도 압력과 체적을 곱한 값은 항상 일정하다. 이것을 **보일-마리오트의 법칙**(등온법칙)이라고 부른다.

온도가 일정할 때 체적에 따라는 압력의 변화를 나타내는 그라프를 등온선이라고 부른다.(그림 5-6)

2. 샬의 법칙

체적이 일정할 때 기체의 상태가 변하는것을 **등적변화**라고 부른다.

기체의 체적이 일정할 때 온도를 1℃만큼 높일 때이다. 기체의 압력을 0℃때의 압력의 $1/273$배만큼씩 커진다. 이것을 **샬의 법칙**(등온법칙)이라고 부른다.

$$\boxed{P = P_0(1+\alpha t)}$$

여기서 $\alpha = \dfrac{1}{273}K^{-1}$ 를 **기체압력의 온도결수**(또는 정적압력결수)라고 부른다.

절대온도로 표시하면

$$\boxed{P=\alpha P_0 T} \quad 또는 \quad \boxed{\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}} \quad 또는 \quad \boxed{\frac{P}{T}=일정}$$

체적이 일정할 때 기체의 압력은 절대온도에 비례한다.

또는 체적이 일정할 때 기체의 압력을 절대온도로 나눈 값은 항상 일정하다.(샬의 법칙)

체적이 일정할 때 온도에 따르는 압력의 변화를 나타내는 그라프를 등적선이라고 부른다.(그림 5-7)

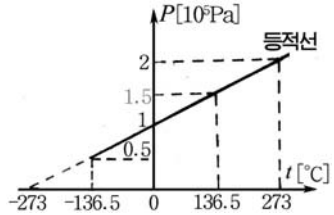



그림 5-7. 샬의 법칙과 그라프표시

3. 게이-류사크의 법칙

압력이 일정할 때 기체의 상태가 변하는것을 **등온변화**라고 부른다.

일정한 압력에서 기체의 온도를 1℃만큼 높일 때 기체의 체적을 0℃때 체적의 1/273배만큼씩 불어난다. 이것을 **게이-류사크의 법칙**(등압법칙)이라고 부른다.

$$V=V_0(1+\alpha t)$$

여기서 $\alpha=\frac{1}{273}K^{-1}$ 을 **기체의 체적팽창결수**(또는 등압체적팽창결수)라고 부른다.

절대온도로 표시하면

$$\boxed{V=\alpha V_0 T} \quad 또는 \quad \boxed{\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}} \quad 또는 \quad \boxed{\frac{V}{T}=일정}$$

기체의 압력이 일정할 때 기체의 체적은 절대온도에 비례한다.

또는 기체의 압력이 일정할 때 체적을 절대온도로 나눈 값은 항상 일정하다.(게이-류사크의 법칙)

압력이 일정할 때 온도에 따르는 체적의 변화를 나타내는 그라프를 **등압선**이라고 부른다.(그림 5-8)

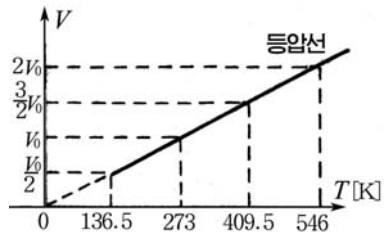



그림 5-8. 게이-류사크의 법칙과 그라프표시

4. 리상기체의 상태방정식

기체법칙들은 분자의 크기를 무시하고 그것들이 서로 부딪칠 때를 내놓고 서로 힘을 주고받지 않는다고 보아야 잘 맞는다.

리상기체: 분자들의 크기를 무시할수 있으며 또 그것들이 부딪치지 않으면 힘을 주고받지 않는다고 볼수 있는 기체

기체의 압력, 체적, 온도가 다같이 변할 때 앞에서 본 개별적인 법칙들로부터 다음 식이 얻어진다.

$$\boxed{\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}} \quad \text{또는} \quad \boxed{\frac{PV}{T}=\text{일정}}$$

주어진 질량의 기체에서 압력에 체적을 곱한 값을 그 기체의 절대온도로 나눈 값은 기체의 상태가 변하여도 얼징하다. 이것을 **리상기체의 상태방정식** 또는 **클라페이론방정식**이라고 부른다.

※ 표준조건(압력 10^5Pa, 온도 0℃)에 있는 기체 1mol의 압력과 체적을 곱한것을 절대온도로 나눈 값을 기체상수라고 부르고 분자 R로 표시한다.

$$R=\frac{PV_0}{T}=\frac{10^5\text{Pa}\times 22.4\times 10^{-3}\text{m}^3}{273\text{K}\times 1\text{mol}}\approx 8.31\text{J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$$

즉 $R=8.31\text{J}(\text{K}\cdot\text{mol})$

볼쯔만상수 $k=\dfrac{R}{N_A}=1.3805\times 10^{28}\text{J/K}$

(N_A은 아보가드로수)

※ **분자운동론의 기본공식**

기체의 압력은 수많은 분자들이 무질서한 운동을 하면서 그릇의 벽에 부딪치기때문에 생긴다. 이 분자의 운동에 의하여 생기는 기체압력의 크기는 다음과 같다.

$$\boxed{P=\frac{2N}{3V}\bar{e}_k} \quad \text{또는} \quad \boxed{P=\frac{2}{3}n\bar{e}_k} \quad \text{또는} \quad \boxed{P=nkT}$$

이 식들을 **분자운동론의 기본공식**이라고 부른다.

여기서 N: 전체 분자수, V: 기체의 체적, $\bar{e}_k$: 평균열운동에네르기

$n=N/V$: 단위체적의 분자수 즉 분자수밀도, k: 볼쯔만상수

※ **혼합기체의 압력**

혼합기체의 압력은 성분기체들의 압력의 합과 같다.(달톤의 법칙)

$$P=\frac{2N}{3V}\bar{e}_k=\frac{2N_1}{3V}\bar{e}_k+\frac{2N_2}{3V}\bar{e}_k=P_1+P_2 \quad (N=N_1+N_2)$$

제3절. 열전달

1. 열전도

온도가 높은 부분에서 낮은 부분으로 물체를 따라 열이 전달되여가는 현상을 **열전도**라고 부른다.

금속들에서는 열전도가 잘되지만 나무, 유리, 수지, 솜, 털, 종이 특히 물과 공기에서는 열전도가 잘 안된다.

열전도가 잘되지 않는 물질은 생활과 기술에서 열손실을 막는 보온재료로 쓰인다.

2. 대 류

액체나 기체에서 더워진 부분이 우로 흐르고 우에 있던 찬 부분이 아래로 흐르는 현상을 **대류**라고 부른다.

가마로 물을 덥히는것, 온돌방에서 방안이 더워지는것, 무동력 온수난방장치는 대류에 의한 열전달을 리용한것들이다.

3. 열복사

물질이 빛을 받아 더워지면서 온도가 올라가는것을 **빛의 열작용**이라고 부른다.

물체가 내보내는 빛에 의하여 열이 전달되는 현상을 **열복사**라고 부른다.

빛에 의하여 전달되는 열을 **복사열**이라고 부른다.

눈에 보이지 않으나 열작용을 하는 빛을 **적외선**이라고 부른다.

걸면이 희고 매끈한것보다 검고 거치른 물체가 열복사도 잘하고 복사열을 더 잘 흡수한다.

걸면이 넓을수록 더 많은 열을 복사한다.

제4절. 열팽창

1. 고체의 길이팽창

가열하던 고체의 길이가 늘어나는 현상을 열에 의한 **고체의 길이팽창**이라고 부른다.

0℃때 길이가 l_0 이던 고체가 t ℃로 되였다면 늘어난 길이 $(l_t - l_o)$는 처음길이(l_0)와 높아진 온도(t)에 비례한다. $l_t - l_0 = \alpha l_0 t$

길이팽창공식 $\boxed{l_t = l_0(1+\alpha t)}$

$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ 을 **길이팽창결수**라고 부른다.

길이팽창결수는 0℃때 1m인 고체의 길이가 온도를 1K만큼 높일 때 늘어난 길이를 가리킨다.

길이팽창결수의 단위는 $1K^{-1}$(매 켈빈)이다.

길이팽창결수는 고체의 종류에 따라 다르다.

길이팽창결수가 크게 차이나는 두 금속판을 맞붙여놓은것을 **쌍금속판**이라고 부른다.

쌍금속판은 온도계, 전기회로의 자동스위치, 자동온도조절 등에 쓰인다.

2. 고체의 액체의 체적팽창

1) 고체의 체적팽창

온도가 높아질 때 고체의 길이는 모든 방향으로 다 늘어난다. 그러므로 가열하면 고체의 체적이 불어난다.

고체의 체적이 온도가 높아지는데 따라 불어나는 현상을 열에 의한 **고체의 체적팽창**이라고 부른다.

0℃때 체적이 V_0인 고체가 t ℃때 체적이 V_t로 되였다면 체적팽창공식은 다음과 같다.

$$\boxed{V_t = V_0(1+\beta t)}$$

여기서 비례결수 β를 체적팽창결수라고 부른다. 체적팽창결수는 0℃때 $1m^3$인 고체의 온도를 1℃만큼 높일 때 불어난 체적을 의미한다.

고체의 체적팽창결수는 길이팽창결수의 3배와 같다. 그러므로 고체의 길이팽창결수만 알면 체적팽창결수값을 알수 있다. 고체의 체적팽창은 길이팽창에 의하여 나타나기때문에 고체의 체적팽창공식은 다음과 같이 표시한다.

$$V_t = V_0(1+3\alpha t)$$

2) 액체의 체적팽창

액체에서도 고체에서와 같이 열팽창이 나타난다. 그런데 액체는 일정한 모양이 없으므로 길이팽창은 생각할수 없고 체적팽창에 대해서만 생각한다.

액체의 체적팽창공식도 고체와 같은 식으로 표시된다.

$$V_t = V_0(1+\beta_{액}t)$$

액체의 체적팽창결수도 액체의 종류에 따라 다른 값을 가진다.

3) 물의 열팽창의 특성

물은 0～4℃구간에서 온도가 높아질수록 체적이 줄어들다가 4℃로부터 온도가 높아짐에 따라 다시 체적이 불어난다.

물은 4℃에서 최대밀도를 가진다.

제5절. 액체의 겉면장력과 실관현상

1. 겉면장력

액체의 겉면적이 가장 작게 되도록 액체겉면의 분자들이 서로 당기는 힘을 **겉면장력**이라고 부른다.

겉면장력의 크기는 액체막의 가장자리의 길이 l에 비례한다.

$$F = \sigma l$$

여기서 비례결수 σ는 겉면장력결수이다.

겉면장력결수의 단위는 1N/m(뉴톤 매 메터)이다.

이 결수는 액체의 온도와 종류에 따라 다른 값을 가진다.

겉면장력의 방향은 액체겉면에 그은 접선방향을 향한다.

2. 실관현상

액체와 고체가 접촉해있을 때 고체와 액체의 경계면은 적시는 경우에는 오목면이 되고 적시지 않는 경우에는 불록면이 된다. 따라서 액면에는 겉면적이 가작 작은 평면으로 되려는 겉면장력이 작용한다.

결과 실관속의 액체가 실관을 적시는 경우에는 액체가 실관을 따라 올라가는 적시지 않는 경우에는 내려온다.

가는 관(실관)속으로 액체가 올라가거나 내려가는 현상을 **실관현상**이라고 부른다.

실관속으로 액체가 올라가는(또는 내려가는) 높이는 실관의 반경이 작을수록 크고 겉면장력결수가 큰 액체일수록 크다.

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

h: 실관속에서 액체기둥의 높이, σ: 액체의 겉면장력결수
r: 관의 내경, ρ: 액체의 밀도, g: 중력가속도

제6절. 확산, 삼투현상

1. 확산현상

두 물질이 저절로 섞여지면서 밀도가 고르롭게 되여가는 현상을 **확산현상**이라고 부른다. 확산은 밀도가 큰데서 작은데로 일어나며 이때 물질의 이동이 일어난다. 이동하는 물질의 량은 밀도차가 클수록 크다.

확산의 원인

확산은 분자들의 무질서한 열운동때문에 생긴다. 그러므로 온도가 높을수록 확산이 더 잘 일어난다.

2. 삼투현상

용매는 통과시키지만 용질은 통과시키지 않는 막을 **반투막**이라

고 부른다. 반투막을 통하여 농도가 낮은 용액쪽에서 농도가 높은 용액쪽으로 용매가 스며드는 현상을 **삼투현상**이라고 부른다.

삼투현상의 원인

용질과 용매분자들은 끊임없이 열운동을 하면서 확산이 일어난다.

그런데 반타막을 용질분자들은 통과시키지 않고 용매분자들만 통과시킨다.

결과 용매분자들의 밀도가 작은 용액농도가 높은 용액쪽으로 스며들어간다.

삼투현상이 더 일어나지 못하고 멎게 되는 외부압력을 **삼투압**이라고 부른다.

[련습문제]

1. 온도가 높을수록 분자들의 열운동이 더 활발하다는것을 어떤 사실로부터 알수 있는가?

   풀이방향. 브라운운동, 확산현상, 기체압력 등이 온도에 따라 어떻게 달라지는가를 따져보고 결론을 찾아라. 그리고 같은 물질이 온도에 따라 고체, 액체, 기체의 서로 다른 상태로 되는 원인을 따져보아라.

2. 고체, 액체, 기체와 성질에서 비슷한 점과 다른 점을 찾고 그리유를 분자적구조와 열운동특성으로 설명하여라.

   풀이방향. 다음 표를 참고하여라.

구분	성 질				분자적구조와 열운동		
	겉모양	체적	압축성	흐름성	분자사이의 거리	분자사이에 작용하는 힘	열운동
고체	일정하다	일정하다	없다 (비압축성)	없다	평형거리	매우 세다	평형자리에서 진동만 한다
액체	일정하지 않다	일정하다	없다	있다	평형거리	좀 세다	평형자리에서 진동하다가 옮겨간다
기체	일정하지 않다	쉽게 변한다	있다	있다	평형거리의 10배이상	거의 없다	제멋대로 떠돌아다닌다

※ 평형거리: 밀힘과 뜰힘이 비기는 평형자리사이의 거리(분자크기의 정도)

3. 한 온도계를 녹고있는 얼음속에 넣었을 때 -2℃를 가리켰고 표준대기압에서 끓고있는 물속에 넣었더니 103℃를 가리켰다. 이 온도계가 바안에서 19℃를 가리키고있다면 방안의 실제온도는 얼마인가?

풀이방향. 이 문제는 정확하지 못한 온도계로 온도를 정확히 재는 방법에 관한 문제이다. 이 온도계가 어느 정도로 부정확한가 즉 물이 어는 온도와 끓는 온도사이를 몇개의 눈금으로 새겼는가를 따져보고 정확한 온도를 계산하여라.

(**답.** 20℃)

4. 다음 글의 빈칸에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) 기체분자들은 끊임없이 무질서한 □을 하면서 그릇의 벽에 □. 분자들이 부딪칠 때마다 벽에 □을 주기때문에 압력이 나타난다.

ㄴ) 1s사이에 벽에 부딪치는 □가 많을수록 압력이 커지면 또 분자의 열운동 □와 질량이 클수록 □이 커진다.

풀이방향. 기체의 압력이 어떻게 나타나며 분자가 그릇의 벽에 부딪칠 때 운동량의 변화와 힘사이의 관계를 생각하여라.

5. 저수지의 밑바닥에서 떠오르는 공기방울의 체저이 물결면에서 2배로 되였따면 저수지밑바닥의 깊으는 얼마인가? 저수지의 물의 온도는 일정하며 대기압은 10^5Pa이다.

풀이방향. 보일-마리오트의 법칙을 리용하여라.

(**답.** 약 10.2m)

6. 내부체적(용적)이 4L인 그릇안의 공기를 뽑기위하여 용적이 1L인 진공뽐프(피스톤이 한번 오르내릴 때마다 1L의 공기를 뽑아낼수 있다.)에 련결하고 피스톤을 세번 동작시키면 그 압력은 얼마로 되겠는가? 그릇안의 더운 공기의 압력은 10^5Pa이였다.

풀이방향. 피스톤이 한번 공기를 빨아들였을 때 그릇속의 공기의 체적이 1L씩 불어난것과 같다는것을 생각하고 진공뽐프가 동작하는 동안 온도변화가 없다고 복 보일-마리오트의 법칙을 리용하여라.

(**답**. 약 0.5×10^5Pa)

7. 온도가 20℃인 실험실에서 2.5×10^5Pa의 압력까지 견디는 플라스크를 꼭 막고 덥힌다면 온도를 얼마끼지 높일수 있겠는가?

풀이방향. 플라스크속의 공기의 처음온도와 압력은 실험실의 온도와 대기압과 같다는것을 판단하여라. 플라스크의 마개를 꼭 막고 덥히므로 등적과정이라는것을 생각하고 샬의 법칙을 적용하여라.

(**답**. 732.5K, 또는 459.5℃)

8. 자전거다이야에 뽐프로 공기를 넣을 때 처음에는 뽐프기통의 온도가 그다지 높지 않으나 공기가 가득차게 되면 기통의 온도가 갑자기 높아지는것은 무엇때문인가?

풀이방향. 처음에는 공기가 들어가면서 체적이 불어나지만 다이야내피속에 공기가 가득차게 되면 다이야속의 공기체적이 거의 일정하다고 볼수 있다는데 주의를 돌려라. 그러면 등적변화로 문제를 밝힐수 있게 된다.

9. $6\times9\times3$m^{3}인 교실의 전기난방스위츠를 넣지 않았을 때 방안온도가 0℃였다. 전기난방장치를 동작시켰더니 방안의 온도가 17℃로 되였다. 이 사이에 대기압의 변화가 없었다면 밖으로 빠져나가는 공기의 질량은 얼마였겠는가? 공기의 밀도는 1.3kg/m^{3}이다.

풀이방향. 게이-류사크의 법칙을 리용하여 먼저 불어난 공기의 체적을 구하고 그의 질량을 계산하여라.

(**답**. 약 13kg)

10. 강철그릇에 온도가 21℃, 압력이 10^6Pa인 압축공기가 들어있다. 기온이 27℃이고 대기압이 10^5Pa인 날에 통의 마개를 열어 압축공기를 대기속에 뽑아버리면 그릇안에 남아있는 공기의 질량은 처음의 몇％인가?

풀이방향. 리상기체의 상태방정식을 리용하여 마개를 열었을 때 불어난 공기의 체적이 몇배인가를 구하고 그로부터 남아있는 공기의 비률을 계산하여라.

(**답**. 9.8％)

11. 체적이 1L인 닫긴 그릇속에 3×10^{22}개의 분자가 들어있다. 기체의 압력이 10^5Pa일 때 분자수밀도와 분자들의 평균열운동에

네르기는 얼마인가?

풀이방향. 분자운동론의 기본공식을 리용하여라.

(답. $n=\frac{N}{V}=3\times10^{25}\mathrm{m}^{-3}$, $E_k=5\times10^{-21}\mathrm{J}$)

12. 압력이 10^5Pa이고 체적이 $1\mathrm{m}^3$인 산소, 압력이 2×10^5Pa이고 체적이 $2\mathrm{m}^3$인 수소, 압력이 3×10^5Pa이고 체적이 $3\mathrm{m}^3$인 질소를 섞어서 $2\mathrm{m}^3$인 그릇속에 넣었다. 섞기 전후이 온도가 같다면 혼합기체의 압력이 얼마로 되겠는가?

풀이방향. 보일-마리오트의 법칙을 리용하여 섞은 후 개별기체들의 압력을 구하고 혼합기체의 압력에 관한 달톤의 법칙을 적용하여라.

(답. 7×10^5Pa)

13. 다음과 같은 현상의 원인을 간단히 밝혀라.

ㄱ) 굴뚝은 높을수록 좋다.

ㄴ) 양털로 뜬 내의를 입으면 춥지 않다.

ㄷ) 호수의 물은 우로부터 얼기 시작한다.

ㄹ) 여름철에 흰 옷을 많이 입는다.

ㅁ) 랭장고에서 얼음은 우에 놓는다.

ㅂ) 이슬은 흐린 날보다 개인 날에 잘 맺힌다.

ㅅ) 겨울에 밖에 놓여있는 금속은 나무보다 더 차게 느껴진다.

풀이방향. 열전달의 세가지 방법-열전도, 대류, 복사로 따져보아라.

14. 두개의 전기난로가 있다. 하나는 니크롬선을 원통형틀에 감고 이것을 다시 투명한 석영관으로 쌌다. 다른 하나는 처음것과 꼭 같은데 다만 석영관으로 싸지 않았을뿐이다. 이것들을 똑같은 전압의 전원에 련결하고 충분한 시간이 지났을 때 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 어느 난로가 더 밝은 붉은색을 나타내겠는가?

ㄴ) 어느 난로가 더 많은 열을 복사하겠는가?

ㄷ) 어느 난로가 더 많은 전력을 소비하겠는가?

풀이방향. 석영은 열전도가 잘되지 않으므로 석영관으로 싼 니크롬선의 온도가 더 높다는것을 생각하여라. 그리고 금속도체의 저항은 온도가 높을수록 크다는것을 고려하여라.

15. 액체결면우에 뜨는 고체가 있다. 그의 온도는 액체의 온도와 함께 변한다. 이제 온도가 올라가면 고체는 전보다 더 많이 잠기고 온도가 내려가면 고체는 전보다 더 떠오른다. 액체와 고체의 열팽창결수를 비교하여라.

풀이방향. 온도가 높아지면 체적이 불어나므로 밀도가 작아지며 반대로 온도가 낮아지면 밀도가 커진다는것을 생각하여라. 이때 열팽창결수가 클수록 밀도변화도 커진다는것을 고려하여라.

16. 다음과 같은 현상의 원인을 밝혀라.

ㄱ) 시험관, 플라스크, 비커 등은 얇은 유리로 만든다.

ㄴ) 유리그릇에 뜨거운 물을 갑자기 넣으면 유리그릇이 깨여진다.

ㄷ) 증기관총으로 사격할 때 물로 총신을 식힌다.

풀이방향. 열팽창에 대하여 생각하여라.

17. 0℃때 정확한 값을 가리키는 자로 방안온도가 25℃일 때 철막대기의 길이를 재니 정확히 1m였다. 0℃에서 이 철막대기의 길이는 얼마인가? 철의 길이팽창결수는 $1.2\times10^{-5}K^{-1}$이고 자를 만든 물질의 길이팽창결수는 $1.8\times10^{-5}K^{-1}$이다.

풀이방향. 고체의 길이팽창공식을 리용하여라.

(**답.** 1.000 15m)

18. 15℃에서 정확한 시간을 가리키는 흔들이시계가 있다. 흔들이는 놋으로 만들었으며 놋의 길이팽창결수는 $1.88\times10^{-5}K^{-1}$이다. 20℃에서는 하루에 얼마씩 늦어지겠는가?

풀이방향. 고체의 길이팽창에 관한 근사공식 $l_2 = l_1[1+\alpha(t_2 - t_1)]$ 를 리용하여라. 흔들이의 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 임을 생각하여라.

(**답.** 약 4s)

19. 체적이 10L인 통안에 0℃의 석유를 넣어 25℃의 방에 보관하려고 한다. 석유를 최대로 얼마만큼 넣을수 있겠는가? 석유의 체적팽창결수는 $9\times10^{-4}K^{-1}$이다.

풀이방향. 열에 의한 체적팽창공식을 리용하여 0℃때의 체적을 구하여라.

(**답.** 약 9.78L)

20. 10℃일 때 정확한 눈금을 가진 눈으로 만든 자가 있다. 이 자

로 25℃에서 직6면체의 체적을 잿더니 $7500cm^3$였다. 이 온도에서 이 물체의 실제체적은 얼마인가? 놋의 길이팽창결수는 $1.9\times10^{-5}K^{-1}$이다.

풀이방향. 0℃때의 체적을 모를 때 열팽창에 대한 근사공식 $V_2 = V_1[1+3\alpha(t_2 - t_1)]$을 리용하여라.

(**답.** 약 $7506.4cm^3$)

21. 그림 5-9와 같이 실관을 물속에 세우되 A점의 높이를 실관현상에 의하여 물이 올라갈수 있는 높이보다 낮게 한다. 그렇게 하면 B점으로부터 물이 흘러내려 작은 수차를 계속 돌릴수 있을것 같다. 실지 그렇게 되겠는가? 그 리유를 밝혀라.

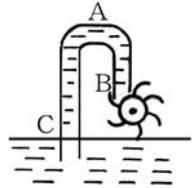



그림 5-9

풀이방향. B점에서 물이 떨어지기 위한 조건, B와 C점의 압력을 비교해보라. A의 수평관속의 물이 어느쪽으로 흐르겠는가를 판단하여라.

22. 직경이 2mm인 방울피페트의 앞끝으로부터 물방울이 떨어진다. 물의 겉면장력결수가 $7.3\times10^{-2}N/m$라면 떨어지는 물방울 하나의 질량은 얼마인가?

풀이방향. 물방울의 무게와 피페트의 끝에서 물방울에 작용하는 겉면장력이 비길 때 물방울이 떨어진다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 0.047g)

23. 바닥에 직경이 0.1mm인 둥근구멍이 있는 그릇에 물을 최대로 어떤 높이까지 채울수 있겠는가? 물은 그릇의 바닥을 적시지 않는다. 물의 겉면장력결수는 $7.3\times10^{-2}N/m$이다.

풀이방향. 바닥에 있는 구멍의 경계선에 작용하는 겉면장력과 구멍우의 물기둥의 무게가 같아질 때까지 물을 넣을수 있다는것을 생각하여라. 즉 반경이 0.1mm인 실관에서 물의 높이와 가은 높이로 채울수 있다는것을 리용하여라.

(**답.** 30cm)

제6장. 열에네르기

제1절. 내부에네르기의 변화와 열량

1. 내부에네르기

・ 물체를 이루는 분자들은 끊임없이 무질서하게 열운동을 하므로 분자들은 운동에네르기를 가지고있다. 이런 분자들의 열운동에 의한 에네르기의 평균값을 **평균열운동에네르기**라고 부른다.

분자들의 평균열운동에네르기는 온도가 높을수록 크다.

・ 분자들사이에는 그것들사이의 거리에 따라 변하는 밀힘과 끌힘이 작용하므로 이 호상작용에 의한 자리에네르기를 가진다. 이런 분자들의 호상작용에 한 자리에네르기는 분자들사이의 거리(또는 체적변화)에 관계된다.

・ 물체를 이루는 분자들의 평균열운동에네르기와 자리에네르기의 총합을 물체의 내부에네르기라고 부른다.

2. 내부에네르기의 변화

열현상은 언제나 내부에네르기변화를 말한다. 그러므로 열현상을 연구할 때에는 내부에네르기의 변화를 따지게 된다.

첫째 방법: 일에 의하여 내부에네르기를 변화시킬수 있다.

물체가 밖에서 일을 받으면 그만큼 내부애내르기가 커지고 밖에 일을 하면 그만큼 내부에네르기가 작아진다.

둘째 방법: 물체를 가열하면 온도가 높아져 내부에네르기가 커진다.

일을 하지 않고 내부에네르기를 변화시키는 과정을 **열전달**이라고 부른다. 즉 열전달에 의하여 내부에네르기를 변화시킬수 있다.

물체가 밖에서 열을 받으면 그만큼 내부에네르기가 키지고 밖에 열을 내보내면 그만큼 내부에네르기가 작아진다.

3. 열량과 비열

열전달에 의한 내부에네르기의 변화량을 **열량**이라고 부른다.

열량의 단위는 에네르기의 단위와 같이 1J이다.

물체를 가열하여 내부에네르기가 U_1 로부터 U_2 까지 커졌다면 물체가 받은 열량 Q 는

$$\boxed{Q = U_2 - U_1}$$

한편 물체를 가열하는데 드는 열량은 물체의 질량 m 와 온도차 $(t_2 - t_1)$ 에 비례한다.

$$\boxed{Q = cm(t_2 - t_1)}$$

이 식에서 비례결수 c 는 물질의 비열이다.

주어진 물질 1kg의 온도를 1K(또는 1℃)만큼 높이는데 드는 열량을 그 물질을 **비열**이라고 부른다.

비열의 단위는 1J/(kg・K)(쥴 매 키로그람-켈빈)이다.

4. 연료가 탈 때 내는 열량

연료가 탈 때 나오는 열량은 연료의 질량 m 에 비례한다.

즉
$$Q = qm$$

여기서 비례결수 q 는 연료의 발열량이다.

연료 1kg이 완전히 탈 때 나오는 열량을 연료의 발열량이라고 부른다.

발열량의 단위는 1J/kg이다.

연료가 완전히 탈 때 나올수 있는 열량($Q_{전}$)가운데서 효과있게 쓴 열량 ($Q_{효}$)이 몇%인가를 나타낸 값을 **열효률**이라고 부른다.

$$\boxed{\eta = \frac{Q_{효}}{Q_{전}} \times 100\,\%}$$

제2절. 열력학법칙

1. 열력학제1법칙

그림 6-1과 같이 기통속에 있는 기체가 밖으로부터 Q 만 한 열량을 받으면 받은 열량가운데서 일부는 내부에네르기를 U_1 로 부터 U_2 로 늘이는데

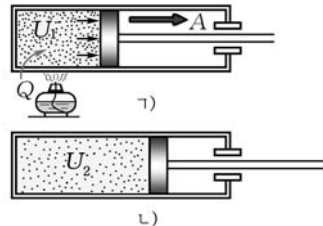



그림 6-1. 열력학제1법칙

쓰이고 나머지는 피스톤을 밀어내는 일(A)을 하는데 쓰인다.

$$Q = (U_2 - U_1) + A$$

물체가 밖으로부터 받은 열량은 내부에네르기를 늘이는데와 밖에 일을 하는데 쓰인다. 이것을 **열력학제1법칙**이라고 부른다.

열력학제1법칙은 일과 열전달에 의하여 물체의 내부에네르기가 변하는데 이때 에네르기가 형태를 바꾸거나 다른 물체에로 넘어가는 과정에 보존된다는것을 보여준다.

에네르기는 새로 생기지도 않고 없이짖도 않으며 다나 한 형태로부터 다른 형태애로 전환되거나 한 물체로부터 다른 물체에로 넘어갈뿐이다. 이것을 **에네르기전환 및 보존의 법칙**이라고 부른다.

열력학제1법칙은 내부에네르기까지 포함한 에네르기전환 및 보존의 법칙이다.

2. 열력학제2법칙

어떤 물체가 아무런 변화도 남기지 않고 다시 처음상태로 되돌아오는것을 **가역과정**이라고 부른다.

례: 흔들이를 진공속에서 기울였다가 놓으면 마찰이 없으므로 끊임없이 진동한다.

엄멀히 따져보면 자연현상에는 리상적인 가역과정이란 없다. 그것은 어떤 현상에서든지 크건작건 언제나 내부에네르기의 변화가 일어나기때문이다.

례: 공기속에서 진동하는 흔들이는 진폰기 점점 줄얻르다가 멎는다.

력학적에네르기와 내부에네르기의 호상전환은 비가역과정이다. 열전도현상은 비가역과정이다.

자연에서 에네르기변화의 방향성은 규정한것이 열학적제2법칙이다.

자연의 변화가 매우 다양하기때문에 에네르기전환의 방향성을 규정하는 열력학제2법칙도 여러가지로 정식화할수 있다.

마찰현상의 비가역과정으로부터 정식화한 열력학제2법칙

력학적에네릭는 저절로 내부애네르기로 넘어갈수 있지만 내부

에네르기는 저절로 력학적에네르기로 넘어갈수 없다. 즉 열은 저절로 력학적일로 변하지 않는다.

열전도현상의 비가역과정으로부터 정식화한 열력학제2법칙

열은 더운 물체에서 찬 물체에로만 저절로 흐르고 찬 물체에서 더운 물체로 저절로 흐르지 못한다.

제3절. 열기관

1. 열기관의 원리

열을 력학적일로 바꾸는 장치를 **열기관**이라고 부른다.

1) 휘발유기관(오토기관)의 작업과정(그림 6-2)

① **흡입과정**: 휘발유가 섞인 공기를 빨아들인다.(그림 ㄱ)

② **압축행정**: 빨아들인 연료기체를 압축한다.(그림 ㄱ)

③ **폭발 및 작업행정**: 압축된 연료기체를 불태워 폭발시킨다. 이때 피스톤이 밀리면서 밖에 일을 한다.(그림 ㄷ)

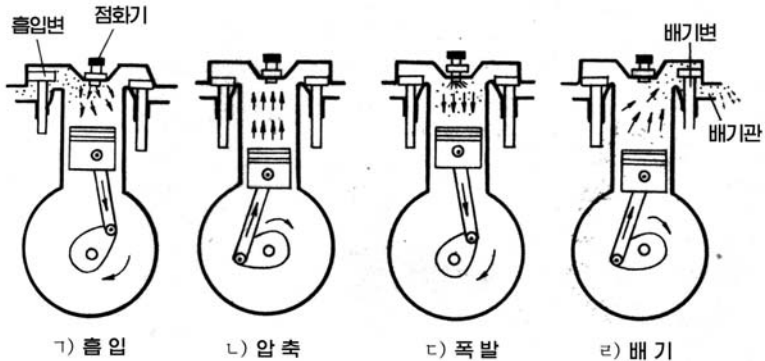



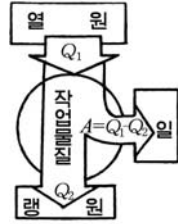
그림 6-2. 휘발유기관의 구조와 작업과정

2) 열기관이 계속 일하기 위한 조건

열기관이 계속 일하기 위해서는 작업물질, 열원, 랭원이 있어야 한다.(그림 6-3)

Q_1: 열원에서 받은 열량

Q_2: 랭원에 넘긴 열량

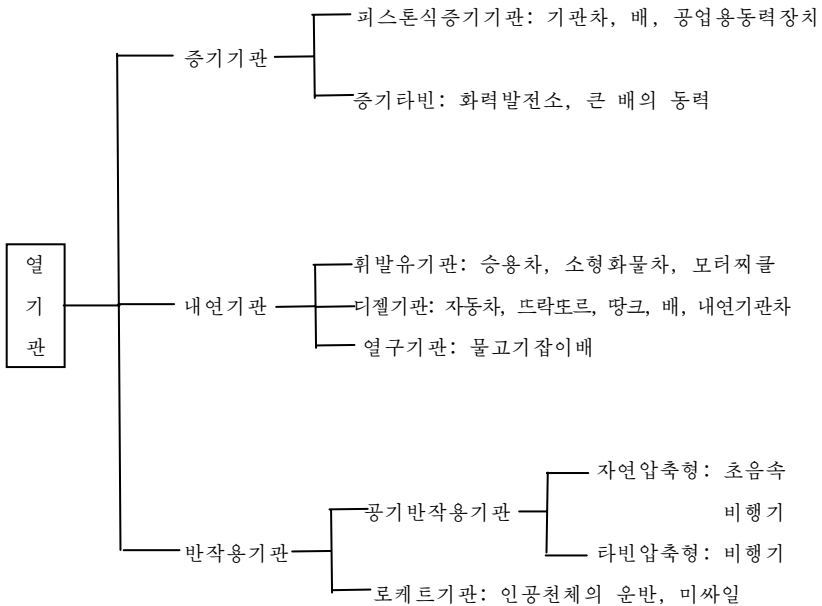
$A=Q_1-Q_2$: 일하는데 쓰인 열량

3) 열기관의 효률

열기관이 한 일을 열원으로부터 받은 열량을 나눈 값을 **열기관의 효률**이라고 부른다. 열기관의 효률은 보통 %로 표시한다.

그림 6-3. 열기관이 계속 일하기 위한 조건

$$\eta=\frac{A}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}\times 100\%$$

2. 열기관의 리용

[련습문제]

1. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

기체의 내부에네르기는 □로 이루어지고 고체와 액체에서의 내부에네르기는 □와 □의 합으로 이루어진다.

물체의 내부에네르기를 변화시키는 한 방법은 □것이고 다른 방법은 □것이다.

물체가 밖으로부터 받은 열량은 물체의 내부에네르기를 늘어는데와 □ 쓰인다. 이것을 □법칙이라고 부른다.

풀이방향. 고체, 액체, 기체분자들사이의 호상작용과 분자들의 열운동 및 물체의 내부에네르기가 무엇인가를 생각하여라.

2. 열량과 일은 어떤 점에서 비슷한가?

풀이방향. 내부에네르기의 변화량이 열량이고 력학적에네르기의 변화량이 일이라는것을 참고하여라. 그리고 열량과 일의 측정단위를 따져보아라.

3. 물의 비열이 큰것이 우리 생활에서 어떻게 리로운가를 설명하여라.

풀이방향. 물의 비열이 크기때문에 빨리 더워지지 않으며 또 한번 더워진 물은 빨리 식지 않는다는것을 참고하여라.

4. 목욕탕안의 욕조에 20℃의 물 300L가 들어있다. 온수관에서 60℃의 물이 1min동안에 10L씩 흘러나온다면 욕조의 물을 40℃까지 덥히기 위하여 온수관을 몇min동안 열어놓아야 하는가?

풀이방향. 찬물이 더워지면서 받은 열량과 더운물이 식으면서 내준 열량이 같다는것을 생각하고 열평형방정식을 세우고 필요한 시간을 계산하여라.

(**답.** 30min)

5. 석유곤로에서 1h동안에 0.25kg의 석유가 탄다. 온도가 15℃인 물 3L를 100℃까지 덥히려면 시간이 얼마나 걸리겠는가? 석유의 발열량은 4.3×10^7J/kg이고 곤로의 효률은 30%이다.

풀이방향. 물을 덥히는데 필요한 석유의 질량을 구하고 필요한 시간을 계산하여라.

(**답.** 약 20min)

6. 100℃까지 덥힌 물체를 물속에 넣었더니 물의 온도가 20℃에서 32℃로 높아졌다. 여기에 이 물체와 꼭같은 물체를 하나 더 넣

으면 물의 온도는 얼마로 되겠는가?

풀이방향. 물속에 뜨거운 물체를 하나 넣고 평형이 이루어진 다음에 또 하나 넣어서 평형이 되였을 때의 온도와 뜨거운 물체 2개를 함께 넣었을 때의 평형온도는 에네르기 보존법칙에 의하여 같다는것을 생각하고 이 두 경우의 열평형방정식을 작성하고 풀어라.

(**답.** 40.9℃)

7. 질량이 100g인 물체를 20m/s의 속도로 르림선우로 던졌더니 10m의 높이까지 올라갔다. 도중에 얼마만한 력학적에네르기를 잃었는가? 잃은 력학적에네르기가 공기와의 마찰때문에 모두 열로 넘어갔다면 얼마만한 열량이 나오는가?

풀이방향. 내부에네르기까지 포함한 에네르기전환 및 보존의 법칙을 생각하여라.

(**답.** 약 10.2J)

8. 질량이 50g인 쇠덩어리를 수평면을 따라서 처음속도 10m/s로 운동시켰다. 쇠덩어리와 수평면과의 미끄럼마찰결수가 0.1이라면 이 쇠덩어리가 멎을 때까지 운동한 거리는 얼마인가? 쇠덩어리의 운동에네르기가 줄어든 량의 절반이 쇠덩어리를 덥혀주었다면 그의 온도는 얼마나 올라가겠는가?

쇠덩어리의 비열은 460J/(kg・K)이다.

풀이방향. 일과 운동에네르기변환사이의 관계, 물체를 가열하는데 필요한 열량계산공식을 리용하여라.

(**답.** 약 51m, 약 0.05K)

9. 마치로 쇠못을 박을 때 80%의 운동에네르기가 내부에네르기로 전환되는데 이 내부에네르기의 50%가 쇠못의 온도를 높이는데 쓰인다. 마치로 쇠못을 20번 친 후 쇠못의 속도는 얼마나 높아지는가? 마치의 질량은 1.2kg, 쇠못을 칠 때 마치의 속도는 10m/s, 쇠못의 질량은 40g, 철의 비열은 460J/(kg・K)이다.

풀이방향. 마치의 총 운동에네르기가운에서 쇠못을 가열하는데 쓰이는 열량을 구하고 높아지는 온도를 계산하여라.

(**답.** 약 26K)

10. 랭동기를 돌리면 랭동실의 온도가 바깥온도보다 차지면서 언다. 이때 온도가 낮은 랭동실에서 온도가 높은 밖으로 열이 나온다.

이것이 열력학제2법칙에 어긋나지 않는가를 설명하여라.

풀이방향. 열력학제2법칙은 열전달이 저절로 일어나는 방향을 규정한 법칙이며 랭동기에서는 전동기나 압축기의 일에 의하여 낮은 온도를 얻는다는것을 생각하여라.

11. 화물자동차의 연료통에 90L이 연료를 담을수 있다. 발열량이 4×10^7J/kg이고 밀도가 800kg/m^{3}인 디젤유를 가득 채우면 몇h동안 달리겠는가? 자동차기관의 일능률은 40kW이고 효률은 35%이다.

풀이방향. 자동차의 효률공식 $\eta = \dfrac{A}{Q} = \dfrac{Nt}{q\rho V}$ 에서 시간 t 를 구하여라.

(**답.** 7h)

12. 어떤 화력발전소의 증기타빈의 효률이 30%이고 발전능력은 50만kW이다. 1h동안에 발열량이 3×10^7J/kg인 석탄을 얼마나 태워야 하겠는가? 또한 이 석탄의 에네르기는 높이차가 수력발전소의 물 몇t에 해당되는가?

풀이방향. 앞문제풀이를 참고로 먼지 석탄의 질량을 구하고 이 석탄이 탈 때 내는 열량을 수력발전소의 물의 자리에네르기와 비교하여 물의 량을 구하여라.

(**답.** 200t, 12×10^6t)

제7장. 물질의 상태변화

물질은 고체, 액체 및 기체상태로 존재한다. 물질의 상태는 조건에 따라 변한다. 물이 얼음으로 되거나 수증기로 변하는것은 상태변화의 실례이다.

제1절. 녹음과 응고

1. 녹음과 응고현상

녹음: 물질이 고체상태로부터 액체상태로 변하는것

응고: 물질이 액체상태로부터 고체상태로 변하는것

결정체는 녹는 동안 온도가 변하지 않는다. 그것은 녹는 동안에 결정체가 외부로뤄 받는 열량은 결정살창을 무너뜨리는데만 쓰이므로 분자들사이의 자리에네르기만 늘이기때문이다.

녹음점: 결정체가 녹는 온도

응고점: 결정체가 엉겨굳는 온도

주어진 물질의 녹음점과 응고점은 같다.

녹음점은 압력에 관계된다. 결정체가 녹을 때 체적이 늘어나는 물질은 압력이 커지면 녹음점이 나프아지고 반대로 물과 같이 녹을 때 체적이 줄어드는 물질은 압력이 커지면 녹음점이 낮아진다.

순수한 물질에 다른 물질을 섞으면 녹음점과 응고점이 낮아진다.

무정형체는 일정한 녹음점과 응고점이 없다.

2. 녹음열

고체가 녹기 시작하여 다 녹을 때까지 밖에서 받아들인 열량을 **녹음열**이라고 부른다. 응고될 때에는 녹음열만 한 열량을 밖에 내보낸다.

녹음열 Q는 물체의 질량 m에 비례한다.

$$\boxed{Q = \lambda m}$$

이 식에서 비례결수 λ를 **비녹음열**이라고 부른다.

비녹음열은 녹음점에서 1kg인 고체를 녹이는데 드는 열량과 값이 갈다.

비녹음열의 단위는 1J/kg(쥴 매 키로그람)이다.

비녹음열은 물질의 종류에 따라 다르다.

제2절. 증발과 응결

1. 증발과 응결현상

증발: 액체의 평면에서 액체가 기체로 되는 현상

응결: 기체가 액체로 되는 현상

증발은 임의의 온도에서 일어난다. 그것은 액체속에는 언제나 특별히 큰 열운동에네르기를 가진 분자들이 있어 다른 액체분자들의 끌힘을 이겨내고 액체겉면에서 튀여나와 기체분자로 되기때문이다.

증발은 온도가 높을수록, 액체겉면이 넓을수로, 바람이 불수록 빨리 일어난다. 같은 조건에서도 증발속도는 액체의 종류에 따라 다르다. 그것은 액체분자들사이의 호상작용힘이 액체의 종류에 다라 다르기때문이다.

2. 증발열

증발할 때 액체의 온도는 낮아진다. 그것은 증발과정에 열운동에네르기가 큰 분자들이 액체밖으로 나가므로 액체속에 남아있는 분자들의 평균열운동에네르기가 작아지기때문이다.

액체가 증발할때 온도가 내려가므로 주위로부터 열을 흡수하는데 이 열량을 **증발열**이라고 부른다. 기체가 응결될 때에는 증발열만 한 열량을 내보낸다.

증발열 Q는 증발되는 액체의 질량 m에 비례한다.

$$Q = Lm$$

이 식에서 비례결수 L을 **비증발열**이라고 부른다.

비증발열은 1kg의 액체를 같은 온도의 증기로 변화시키는데 드는 증발열과 값이 갈다.

비증발열의 단위는 1J/kg(쥴 매 키로그람)이다.

비증발열값은 물질의 종류와 온도, 압력에 따라 다르다.

응결은 증발의 거꿀과정이다.

고체의 겉면에서 고체가 기체로 되는 현상을 **승화**라고 부른다.

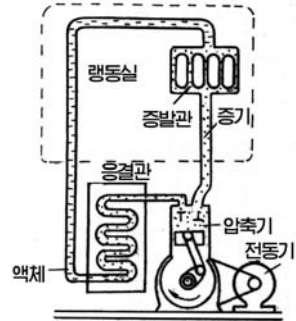
3. 랭동기

랭동기는 많은 량의 액체를 갑자기 증발시킬 때 액체주변의 온도가 몹시 내려가는 원리를 리용하여 만든다.

압축랭동기의 원리적구조는 그림 7-1과 같다.

랭동기의 작업물질로는 쉽게 증발되고 압축하면 쉽게 액체로 되는 암모니아와 같은 기체를 쓴다.

그림 7-1. 압축랭동기의 구조

압축기로 증발관속의 기체를 빨아내여 응결관속에 압축하여 넣으면 기체로 된다. 이 액체가 증발관속에서 급격히 증발하면서 열을 흡수하므로 랭동실의 온도가 내려간다.

제3절. 포화증기와 습도

1. 포화증기와 포화증기압

액체분자들은 증발하여 기체로 되기도 하며 기체분자들은 응결되여 액체로 되기도 한다.

증발되는 분자수와 응결되는 분자수가 거의 같은 평형상태를 포화상태라고 부른다. 그리고 포화상태에 있는 증기를 **포화증기**라고 부르며 포화증기에 이르지 않은 증기를 **불포화증기**라고 부른다.

포화즈기의 압력을 포화증기압이라고 부른다.

포화증기압은 온도가 높을술고 커지며 같은 온도에서 액체의 종류에 따라 다르다.

2. 공기의 습도

공기가 어느 정도 눅눅한가 또는 매마른가 하는 정도를 나타내는 량을 **습도**라고 부른다.

주어진 온도에서 공기속의 수증기압이 포화증기압보다 작을수록 증발이 빨리 일어나 메마른감을 주며 반대로 공기속의 수증기압

이 포화증기압에 가까울수록 증발이 떠서 눅눅하다.

공기의 습도는 공기속의 수증기압 P를 그 온도에서 포화수증기압 P_0으로 나눈 값을 %로 표시한다.

$$B=\frac{P}{P_0}\times 100\,\%$$

공기속의 불포화수증기는 온도를 점차 낮추면 포화상태로 되고 응결되면서 물체의 겉면에 이슬로 맺힌다. 공기속의 수증기가 포화상태로 되여 이슬로 맺히기 시작하는 온도를 **이슬점**이라고 부른다. 수증기압력이 크면 이슬점도 높다.

공기의 습도를 측정하는 계기를 **습도계**라고 부른다.

흔히 쓰는 습도계에는 머리카락습도계(그림 7-2), 건습구습도계(그림 7-3), 온습도계(그림 7-4)등이 있다.

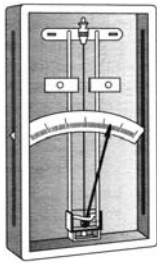
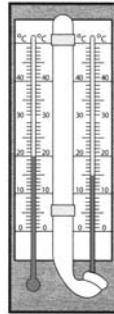



그림 7-2 그림 7-3 그림 7-4

제4절. 끓 음

1. 끓음현상

액체속에 있는 기체방울속으로 증발이 일어난 점점 커진 기체방울들이 액체겉면으로 솟아올라 터지면서 증기가 급격히 생기는 현상을 **끓음**이라고 부른다.

끓음은 액체속에 있는 기체방울속의 포화증기압이 외부압력과 같아질 때 일어난다.

액체가 끓고있는 동안 온도가 변하지 않는다. 그것은 액체가 끓기 시작하면 외부로부터 받은 열량은 액체분자들이 걸면층을 뚫고 기체분자로 되는데만 쓰이기때문에 액체가 을을 받으면 체적이 불어나 자리에네르기는 커지지만 분자들의 열운동에네르기는 커지지 않기때문이다.

액체가 끓는 온도를 **끓음점**이라고 부른다. 끓음점은 물질에 따라 다르다.

액체를 끓일 때 드는 열도 증발열이므로

$$Q = Lm$$

로 표시된다.

2. 끓음점과 압력사이의 관계

액체의 끓음점은 외부압력에 따라 변한다. 그것은 외부압력이 작아지면 포화증기압이 작아도 즉 온도가 낮아도 기체방울이 커지기때문이다.

표준대기압에서 물이 100℃에서 끓는것은 100℃때 물의 포화증기압이 표준대기압의 크기와 같기때문이다.

제5절. 초고압과 극저온

1. 초고압

보통 2～3Gpa이상의 압력을 **초고압**이라고 부른다.

초고압상태에서는 물체를 이루고있는 원자들사이의 간격이 좁아지면서 결정의 살창구조과 변하게 된다. 결과 고체의 여러기지 물리적량들이 달라진다.

초고압을 얻는 방법에는 프레스방법과 폭발방법 두가지가 있다.

초고압의 리용

보통 조건에서는 만들수 없는 강도가 아주 센 재료, 대단히 굳은 재료를 만드는데 쓰인다.

례: 금강석, 브라존(질화붕소) 등의 합성

재료의 질을 높이는데 넓은 전망을 열어주고있다.

보통 방법으로는 할수 없는 가공을 쉽게 할수 있다.

초고압가공방법으로는 충격파형단조, 초고압압출, 충격파용접, 충격파파쇄 등이 널리 도입되고있다.

2. 극저온

헬리움이 액체로 되는 극히 낮은 온도(4K정도의 온도)를 극저온이라고 부른다.

극저온상태에서 나타나는 현상

초전도현상: 극저온에서 물질의 전기저항이 갑자기 령으로 되는 현상(1911년에 수은의 초전도현상 발견)

초류동현상: 액체헬리움을 2.2K까지 랭각시키면 끈기가 완전히 없어지면서 담아놓은 유리그릇의 벽면을 따라 모두 밖으로 흘러내리며 매우 좁은 틈으로도 자유롭게 흘러가는 현상

초전도현상의 리용

초전도자석을 리용하여 대형전동기, 대형발전기를 만든다.

초전도도선으로 송전하면 도중손실을 없앨수 있다.

초전도체는 콤퓨터를 비롯한 전자기구에 들어가는 전자요소에도 리용된다.

[련습문제]

1. 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 왜 눈덩이는 굴릴수록 커지는가?

ㄴ) 함박눈이 내리는 겨울날은 왜 푸근한가?

ㄷ) 겨울에 밖에서 방으로 들어오면 왜 안경알이 흐려지는가?

ㄹ) 왜 추은 방에 습기가 차는가?

ㅁ) 목욕탕안은 덥지만 왜 빨래가 마르지 않는가?

ㅂ) 끓는 물속에 떠있는 고뿌안에서 물이 끓겠는가?

풀이방향: ㄱ) 녹음점과 압력사이의 관계 ㄴ) 증발열과 녹음열

의 방향 ㄷ) ㄹ) 포화증기압과 온도와의 관계 및 이슬점 ㅁ) 습도(포화상태) ㅂ) 끓을 때의 증발열흡수 등을 생각하여라.

2. 겨울에 남새움에 물에 담은 큰 물통을 몇개 놓으면 움안의 온도가 많이 내려가지 않으므로 남새가 얼지 않는다. 무엇때문인가? 움안에서 10℃의 물 200kg이 0℃의 얼음으로 응고될 때 내보내는 열량의 합을 구하여라.

(**답**. 76.4MJ)

3. 20℃의 물 600g에 0℃의 얼음 200g을 섞으면 어떻게 되겠는가? 얼음의 비녹음열은 3.4×10^3J/kg이다.

풀이방향. 먼저 얼음이 다 녹겠는가 아니면 일부만 녹겠는가를 판단하고 그에 기초하여 해당한 계산을 하여라.

(**답**. 얼음이 50g 남아서 0℃의 물과 함께 있게 된다.)

4. 20℃의 선철 15t을 용선로에서 녹이는데 얼마만한 석탄이 드는가? 용선로의 열효률은 60%이고 선철의 비열은 600J/kg, 석탄의 발열량은 3×10^7J/Kg, 선철의 비녹음열은 10^5J/kg, 선철의 녹음점은 1 00℃이다.

풀이방향. 선철을 녹음점까지 가열하는데 드는 열량과 녹이는데 드는 열량을 구하고 그만한 열량을 얻기 위한 석탄의 질량을 구하여라.

(**답**. 약 533kg)

5. 대기압이 0.8×10^5Pa인 산꼭대기에서 직경이 20cm인 가마로 100℃의 더운물을 얻자면 밀페된 가마뚜껑을 얼마만한 힘으로 눌러주어야 하겠는가?

풀이방향. 물을 100℃까지 가열하기 위한 외부압력을 보장하자면 얼마만한 보충압력이 가마뚜껑에 작용하는가를 알아내고 거기에 필요한 힘을 계산하여라.

(**답**. 약 628N)

6. 겨울에 성에는 창문밖에 생기는 안에 생기는가? 그 리유를 말하여라. 방풍종이를 창문의 어느쪽에 붙여야 하는가?

풀이방향. 포화수증기압력과 온도와의 관계, 이슬점에 대하여 생각하여라.

7. 사람의 피부는 100℃보다 약간 낮은 물에서도 견디지 못하고

데는데 100℃보다 온도가 더 깊은 한증탕안에서 견디는것은 무엇때문인가?

풀이방향. 피부걸면에서 증발하는 땀의 효과, 공기의 열전도특성을 생각하여라.(인체조직의 체온조절작용)

8. 표준대기압에서 알콜의 끓음점은 78℃이다. 알콜온도계로 표준대기압에서의 물의 끓음점은 잴수 있는가? 어떻게 하면 되겠는가?

풀이방향. 표준대기압에서의 물의 끓음점은 100℃이지만 외부압력에 따라 알콜이 100℃에서도 끓지 않게 할수 있다는것을 생각하여라.

9. 증발과 끓음현상에서 비슷한 점과 다른 점을 밝혀라.

풀이방향. 증발과 끓음현상을 비교해보면서 상태변화의 형태, 흡수하는 열량, 상태변화의 속도, 상태변화가 일어나는 온도 등을 따져보아라.

10. 저녁에 기온이 16℃이고 습도는 55%이다. 만일 밤에 기온이 8℃로 내려간다면 이슬이 내리겠는가? 15℃와 8℃일 때의 포화수증기압은 각각 1.8kPa, 107kPa이다.

풀이방향. 16℃때 대기속의 수증기압력을 구하여 3℃때의 포화수증기압과 비교하여보고 결론을 찾아라.

(**답.** 이슬이 맺히지 않는다.)

11. 석유곤로로 4L의 물을 온도 10℃에서 100℃로 가열하는데 그의 30%가 증발하였다. 곤로의 효률이 30%라면 석유가 얼마만큼 소비되겠는가? 석유의 발열량은 4.3×10^7J/kg이고 물의 비증발열은 2.26×10^8J/kg이다.

풀이방향. 물을 가열하고 증발하는데 필요한 열량을 구하고 곤로의 효률을 따져 필요한 석유의 량을 구하여라.

(**답.** 약 0.3kg)

제8장. 전기마당

제1절. 꿀롱의 법칙

1. 물체의 대전

1) 마찰에 의한 대전

염화비닐막대기와 비날론솜을 마찰하면 두 물체가 다 가벼운 물체를 끌어당기며 그것들을 네온등에 대면 불이 켜진다. 그것은 마찰된 물체들이 전기를 띠였기때문이다.

이와 같이 마찰된 물체들이 전기를 띠는것은 대전되였다고 말하며 대전된 물체를 **대전체**라고 부른다.

대전체들이 호상 주고받는 힘을 **전기힘**이라고 부른다.

2) 전기의 두 종류

전기에는 양전기(+), 음전기(-)가 있다.

같은 종류의 전기는 서로 밀고 다른 종류의 전기는 서로 당긴다.(그림 8-1)

종류가 다른 두 물체를 마찰하면 두 물체는 서로 다른 종류의 전기로 대전된다.

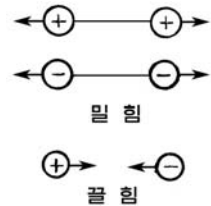



그림 8-1. 전기의 두 종류와 호상작용

3) 대전의 원인

원자는 그 중심에 양(+)전기를 띤 원자핵과 그 둘레에 널리져 있는 음(-)전기를 띤 전자들로 이루어져있다.

전자들의 음전기량의 합이 핵의 양전기량의 크기와 같아서 원자는 전기를 띠지 않는다.(중성원자) 중성원자가 전자를 잃고 +전길르 띤 알갱이(원자나 분자)를 **양이온**, 떨어져나온 전자가 중성원자에 붙어 -전기를 띤 알갱이를 **음이온**이라고 부른다.

종류가 다른 물체를 마찰할 때 전자들을 주고받기때문에 물체들은 대전된다.

종류가 다른 물체들을 마찰할 때 전자를 넘겨준 물체는 양전기로 대전되고 전자를 넘겨받은 물체는 음전기로 대전된다.

4) 전기량의 단위

① 전기소량: 전기량의 최소값 즉 한개의 전자가 가지고있는 전기량, 1e로 표시한다.

② 전기량의 국제단위는 1C(꿀롱)이다.

$$1C = 6.25 \times 10^{18} e \quad 1e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

2. 꿀롱의 법칙

진공속에서 두 대전체들이 주고받는 전기힘(F)의 크기는 대전체들의 전기량들(q_1, q_2)을 곱한 값에 비례하고 두 대전체들사이의 거리(r)의 두제곱에 거꿀비례한다. 이것을 **꿀롱의 법칙**이라고 부른다.

$$\boxed{F = k \cdot \frac{q_1 \; q_2}{r^2}}$$

비례결수 k의 값 $k = 9 \times 10^9 N \cdot m^3 / C^2$

꿀롱의 법칙으로 결정되는 전기힘을 **꿀롱힘**이라고 부른다.

제2절. 전기마당의 세기와 단위

1. 전기마당의 세기

1) 전기마당

전기힘을 전달하는 특수한 물질을 **전기마당**이라고 부른다.

전기마당은 눈에 보이지 않으며 손으로 만져서 느낄수도 없다. 그러나 대전체가까이에 다른 대전체를 가져가면 전기힘을 받는것을 보고 대전체둘레에 전기힘을 전달하는 전기마당이 있다는것을 알수 있다.

2) 전기마당의 세기

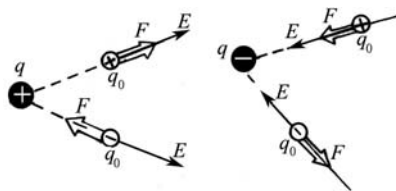
전기마당이 어느 정도로 센 전기힘을 주는가 하는것은 1C의 단위양전기량에 주는 전기힘으로 표시한다.

전기마당속에 전기량이 q_0인 대전체를 가져다놓았을 때 대전체가 받는 전기힘 F를 전기량으로 나눈 값을 **전기마당의 세기**라고 부른다.

$$\boxed{E = \frac{F}{q_0}}$$

전기마당의 방향은 전기마당 속에 가져다놓은 양전기를 띤 대전체에 작용하는 전기힘의 방향과 같다.(그림 8-2)

그림 8-2. 전기마당의 방향

전기힘이 벡토르량이므로 전기마당의 세기도 벡토르량이다.

전기마당의 세기의 단위

1N/C(뉴톤 매 꿀롱):1C의 전기량에 작용하는 힘이 1N일 때의 전기마당의 세기

또는 1V/m(볼트 매 메터): 등전위면에 수직인 방향으로 1m마다 전위차가 1V인 전기마당의 세기

전기량 q가 r만 한 거리에 만드는 전기마당의 세기

$$E = \frac{F}{q_0} = k \cdot \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot \frac{1}{q_0} = k\frac{q}{r^2}$$

즉 $$\boxed{E = k\frac{q}{r^2}}$$

전기량 q가 만드는 전기마당의 세기는 그 전기량으로부터 거리가 멀어짐에 따라 약해진다.

3) 전기마당의 중첩원리

q_1, q_2로 대전된 두 대전체들이 어떤 점에 마드는 전기맏아의 세기 E는 그것들이 홀로 있을 때 그곳에 만드는 전기마당의 세기 E_1와 E_2의 벡토르합성으로 결정된다.(그림 8-3)

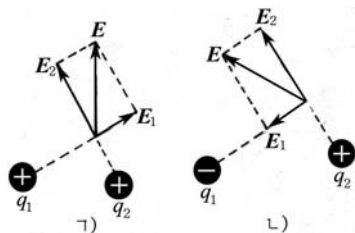



그림 8-3. 전기마당의 중첩원리

$$\boxed{E = E_1 + E_2}$$

이것을 **전기마당의 중첩원리**라고 부른다.

중첩의 원리는 두 마당이 함께 있어도 한 마당이 다른 마당에 아무런 영향도 주지 않는다는것을 보여준다. 이런 관계는 마당이 둘이상 중첩되여도 성립한다.

4) 전력선

전기마당의 방향과 크기를 한눈으로 알아보기 위하여 전기마당

을 전력선으로 표시한다.

그 선우의 모든 점에서 그은 접선이 그 점에서 전기마당의 방향과 일치하도록 그은 곡선을 **전력선**이라고 부른다.

전력선은 양전기에서 시작하여 음전기에서 끝나거나 끝없이 뻗어나갈수 있지만 도중에서 끊어지지 않으며 서로 사귀지도 않는다. (그림 8-4)

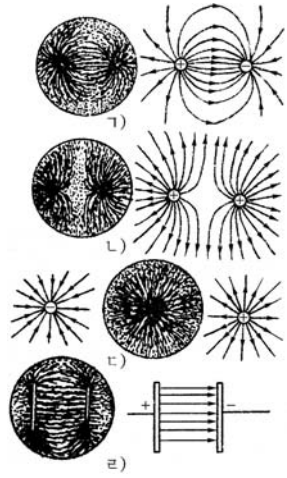



그림 8-4. 여러가지 모양의 전극이 만드는 전력선

2. 전 위

1) 전기힘이 하는 일

전기마당속에 다른 대전립자가 있으면 마당은 이 립자에 전기힘을 주며 대전립자는 전기힘을 받아 옮겨가므로 전기힘은 일을 한다.

세기가 E 인 고른전기마당속에서 전기량이 q_0 인 대전립자가 전기마당의 방향으로 l 만큼 옮겨갔을 때 전기힘이 하는 일은 다음과 같다.

$$A = q_0 El$$

이 일은 대전체가 옮겨간 자리길의 모양에 관계되지 않으며 이런 마당에서 물체가 운동할 때 그것의 에네르기가 보존된다. 이런 마당을 **보존마당**이라고 부른다.

2) 전 위

중력마당에서 물체는 중력을 받기때문에 중력에 의한 자리에네르기를 가지는것처럼 전기마당속에서 대전체는 전기힘을 받기때문에 전기힘에 의한 자리에네르기를 가진다.

전기마당의 어떤 점에서 단위양전기량을 띤 대전체가 자기는 자리에네르기를 그 점의 **전위**라고 부른다.

전기마당의 어떤 점 a 에 놓인 전기량 q_0 이 가지는 자기힘의 자리에네르기 W_a 를 대전체의 전기량 q_0 으로 나눈 값이 그 점의 전위이다.

$$U_a = \frac{W_a}{q_0}$$

3) 전위차(전압)

전기마당의 두 점 a와 b에서의 전위들의 차를 **전위차** 또는 **전압**이라고 부른다.

$$U = U_a - U_b = \frac{W_a}{q_0} - \frac{W_b}{q_0} = \frac{A}{q_0} \quad 즉 \quad \boxed{U = \frac{A}{q_0}}$$

두 점사이의 전압은 단위양전기량을 그 두 점사이로 옮겨갈 때 전기힘이 하는 일과 같다.

전압의 단위는 1V(볼트)이다.

1V는 1C의 양전기량을 옮기는데 전기마당이 하는 일이 1J로 되는 두 점사이의 전압이다.

$$1V=1J/C$$

4) 등전위면

전기마당속에서 전위가 어디서 높고 어디서 낮은가를 나타내기 위하여 등전위면을 쓴다.

공간에서 전위가 같은 점들로 이루어진 면을 **등전위면**이라고 부른다.

평면에서 전위가 같은 점들로 이어놓으면 등전위선으로 된다.

전기마당이 센 곳에서는 등전위선이 배고 약한 곳에서는 성글다.

등전위면은 전력선과 수직으로 사귄다.(그림 8-5)

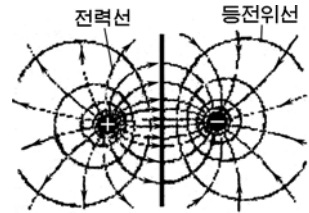



그림 8-5. 등전위면과 전력선사이의 관계

5) 전기마당의 세기와 전압사이의 관계

세기가 E인 고른전기마당속에서 전기량 q_0을 띤 물체가 전기마당의 방향(즉 등전위면에 수직인 방향)으로 l만큼 옮길 때 전기힘이 하는 일이 $A = q_0 El$이므로 전압 U는

$$U = \frac{A}{q_0} = \frac{q_0 El}{q_0} \text{ 로부터}$$

$$\boxed{E = \frac{U}{l}} \text{ 또는 } \boxed{U = El}$$

전기마당의 세기는 등전위면에 수직인 방향에서 두 점사이의 전위차를 그 점들사이의 거리로 나눈 값과 같다. 즉 전기마당의 세

기는 등전위면에 수직인 방향에서 단위길이에 해당한 전위차와 같다.

전기마당의 세기의 단위는 1V/m(볼트 매 메터)이다.

제3절. 전기마당속에 놓인 도체

1. 도체와 부도체

물질은 그속으로 전류가 흐르는가 흐르지 못하는가에 따라 도체와 부도체로 가른다.

전기릴 띤 알갱이(전자 또는 이온)가 그속에서 이동할수 있는 물체를 **도체**, 이동할수 없는 물질을 **부도체**라고 부른다.

금속은 도체이다. 금속이 도체로 되는것은 금속원자마다에 약하게 결합되여 있던 전자들이 쉽게 떨어져나와 자유전자로 되여 금속안을 자유롭게 떠돌아다닐수 있기때문이다.(그림 8-6)

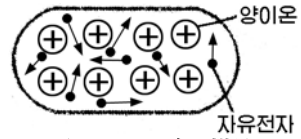



그림 8-6. 금속도체의 전기적구조

그림 8-7. 정전기유도

2. 정전기유도

금속을 전기마당속에 가져다놓았을 때 겉면에 절대값은 같고 부호가 반대인 전기량이 나타나는 현상을 **정전기유도**라고 부른다.(그림 8-7)

전기마당속에 놓인 도체속에서 외부전기마당과 그의 작용으로 생긴 유도전기량이 만든 전기마당이 서로 지워져 도체속의 전기마당의 세기는 령과 같다.(그림 8-8)

외부전기마당이 도체속으로 뚫고 들어가지 못하는 현상을 **전기차폐**라고

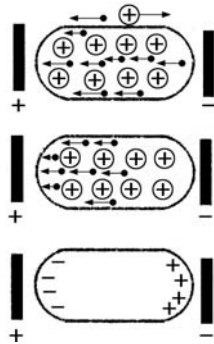
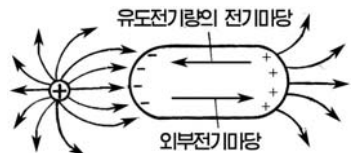



그림 8-8. 도체속의 전기마당의 세기는 령이다.

부른다.

전기차페현상을 리용하여 마이크와 증폭기를 이어주는 도선의 겉면을 금속그물로 싸서 외부마당의 영향으로 잡음이 생기는것을 막는다.

3. 도체에서 전기량의 분포

도체에서 전기량은 겉면에만 나타나며 특히 예리한 부분에 더 많이 분포된다. 그것은 같은 부호의 전기량들사이에는 전기적밀힘이 작용하며 도체속의 자유전자들이 힘을 받아 멀리 겉면까지 밀려나기때문이다.

제4절. 유전체속의 전기마당

1. 유전체의 분극

1) 유전체와 그의 분극

전기마당속에서 부도체의 겉면에 전기량이 나타나는 현상을 **분극**이라고 부른다. 분극현상이 나타나는 물체를 **유전체**라고 부른다.

유전체를 이루는 원자나 분자안의 매개 전자들은 원자나 분자에 세게 얽매여있다. 이런 전자를 **속박전자**라고 부른다.

유전체에 전기마당이 걸리면 속박전자는 원자나 분자안에서 전마당과 반대방향으로 약간 자리를 옮겨 전기량의 중심이 이동하는 결과 크기가 같고 부호가 반대인 두 전기량이 갈라져 쌍을 이루게 되는데 이것을 **전기쌍극자**라고 부른다.

유전체에 전기마당이 걸리지 않았을 때 원자나 분자안의 +전기량과 -전기량의 중심이 일치되여 전기쌍극자를 이루지 못하는 분자를 **무극분자**(무극성분자)라고 부른다.(례: 산소나 수소분자)

전기마당이 걸리지 않아도 본래부터 전기쌍극자로 되여있는 분자를 **유극분자**(극성분자)라고 부른다.(례: 산소나 수소분자)

전기마당이 걸리지 않아도 본래부터 전기쌍극자로 되여있는 분자를 **유극분자**(극성분자)라고 부른다.(례: 물, 소금, 염화수소분자)

그림 8-9. 무극분자의 분극

2) 무극분자의 분극

무극분자로 이루어진 유전체를 전기마당속에 놓으면 원자안의 속박전자(-전기량)들은 원자안에서 마당의 반대방향으로 쏠리고 핵(+전기량)은 마당과 같은 방향으로 쏠려 전기쌍극자를 이룬다.

이 쌍극자들이 마당방향으로 정돈되면서 내부에서는 전기량들이 지워지고 겉면에만 전기량들이 나타나서 분극된다.(그림 8-9)

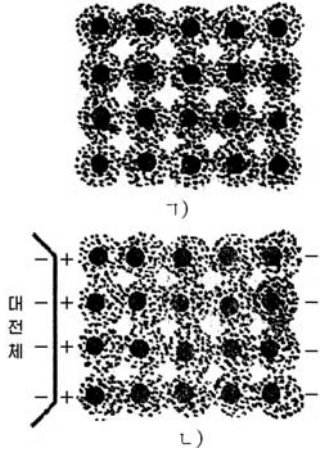
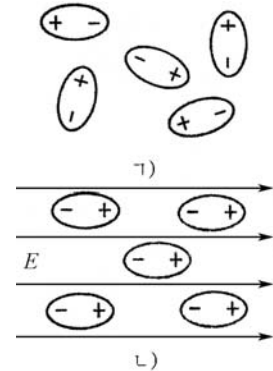



그림 8-10. 유극분자의 분극

3) 유극분자의 분극

유극분자로 이루어진 유전체속에서 전기쌍극자들로 열운동에 의하여 무질서하게 놓여있다가 전기마당이 걸리면 전기쌍극자들이 마당방향으로 정돈되면서 분극된다.(그림 8-10)

2. 유전체속의 전기마당

분극된 유전체의 겉면전기량이 만든 전기마당의 방향은 외부전기마당과 반대이므로 유전체안에서 전기마당의 세기는 외부전기마당의 세기보다 약해진다.(그림 8-11)

유전체속에서 외부전기마당이 얼마나 약해졌는가를 유전률로 나타낸다.

외부전기마당의 세기 E_0 을 유전체속에서의 전기마당의 세기 E 로 나눈 값을 **유전체의 유전률**이라고 부른다.

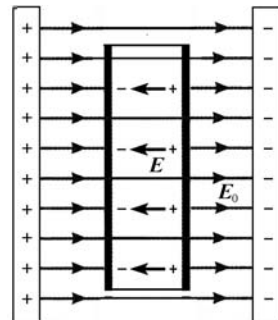



그림 8-11. 유전체속의 전기마당

즉

$$E = \frac{E_0}{E}$$

3. 강유전체

1) 강유전체란

유전률이 보통유전체의 유전률보다 특별히 큰 유전체를 강유전체라고 부른다.

례: 로쎌염의 유전률 9 000, 티탄산바리움의 유전률 10 000

강유전체는 보통유전체와는 달리 미리 절로 분극된 작은 구역(자발분극구역)들로 이루어져있다.

전기마당이 작용하지 않을 때에는 이런 구역들이 아무런 방향으로나 널려있으므로 저절로 분극을 나타내지 못한다.

2) 강유전체의 성질

① 강유전체속에서 일어나는 분극은 전기마당의 세기에 비례하지 않는다.

강유전체는 전기마당속에 가져다놓으면 분극이 일어난다.

이때 분극되는 정도와 전기마당세기사이의 관계를 실험으로 알아보면 그림 8-12와 같은 그라프로 표시된다.

이 그라프는 강유전체의 분극이 전기마당의 세기에 비례하지 않을뿐아니라 전기마당의 세기와 방향에 따라 분극정도가 달라지는《흔적》을 보여준다.

그림 8-12. 강유전체의 분극정도와 전기마당의 세기사이의 관계

따라서 이 곡선을 강유전체의 리력곡선이라고 부른다.

② 강유전체는 큐리온도를 가진다.

강유전체를 가열하면 강유전체를 이루고있는 원자나 분자들이 세찬 열운동에 의하여 절로 분극된 구역들이 점차 줄어든다.

강유전체에서 절로 분극된 구역들이 없어져 보통유전체로 되는 온도를 큐리온도라고 부른다.

③ 강유전체에서는 피에조효과와 역피에조효과가 나타난다.

○ **피에조효과**(압전효과): 강유전체에 력학적변형을 줄 때 량쪽 걸면에 서로 반대부호의 전기량이 나타나는 현상

○ **역피에조효과**(역압전효과): 강유전체에 전기마당을 걸어줄 때 력학적변형이 나타나는 현상

강유전체의 피에조효과와 역피에조효과는 력학적량을 전기적량으로 또는 그 반대로 바꾸는데 쓰인다.

례: 초음파발진기, 압전체마이크, 압전체고성기 등

제5절. 축전기

1. 축전기와 전기용량

1) 축전기란

유전체의 량쪽에 두 도체를 서로 가까이 마주 세워 많은 전기량을 담아두는 전자요소를 축전기라고 부른다.

축전기의 두 극판에 전기량이 쌓이는 과정을 충전이라고 부르며 그 거꿀과정으로 두 극판이 전기량을 잃는 과정을 방전이라고 부른다.

축전기에서 두 극판에 담긴 전기량들은 크기가 같고 부호는 다르다.

2) 축전기의 전기용량

축전기의 두 극판사이의 전압은 축전기가 더 많은 전기량을 담을수록 커진다. 즉 축전기가 담는 전기량 q는 두 극판의 전압 U에 비례한다.

$$q = CU$$

이 식에서 비례결수 $C = q/U$는 전기량에 관계없이 주어진 축전기에 대하여 일정하다.

축전기가 담은 전기량 q를 두 극판의 전압 U로 나눈 값을 **축전기의 전기용량**이라고 부른다.

$$\boxed{C = \frac{q}{U}}$$

축전기의 전기용량은 축전기가 전기량을 담을수 있는 능력을

나타내며 축전기의 두 극판사이의 전압을 1V 높이는데 필요한 전기량과 값이 같다.

전기용량의 단위는 1F(파라드)이다.

1F는 전압을 1V만큼 높이는데 1C의 전기량이 요구되는 축전기의 전기용량이다.

1μF=10F

1nF=10F

1pF=10F

평판모양의 두 극판이 평행으로 마주 놓인 축전기를 **평판축전기**라고 부른다.

평판축전기의 전기용량(C)은 극판사이의 면적(S)과 극판사이에 끼운 유전체의 유전률(ε)에 비례하며 극판들사이의 거리(d)에 거꿀비례한다.

$$\boxed{C=\varepsilon_0\varepsilon\frac{S}{d}}$$

ε_0은 일정한 값을 가지는 상수로서 진공의 유전률 또는 전기상수라고 부르며 그 값은

$$\varepsilon_0=8.85\times10^{-22}\mathrm{C}^2/(\mathrm{N}\cdot\mathrm{m})$$

축전기에 전기량을 지나치게 많이 담아 극판사이의 전압이 일정한 한계를 넘으면 두 극판사이의 절연이 파괴되져 축전기가 못쓰게 된. 이 한계전류를 **절연내압**이라고 부른다.

2. 축전기의 련결

1) 축전기의 병렬련결

그림 8-13과 같이 두개의 축전기를 병렬련결하고 전지를 이으면

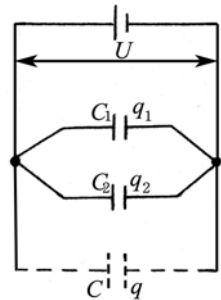
$$q_1=C_1U,\quad q_2=C_2U,\quad q=q_1+q_2=U(C_1+C_2)$$

축전기렬의 전기용량은

$$C=\frac{q}{U}=C_1+C_2\quad \text{즉}\quad \boxed{C=C_1+C_2}$$

그림 8-13

병렬련결된 축전기렬의 전기용량은 매개 축전기의 전기용량의 합과 같다.

그것은 축전기를 병렬련결하면 그만큼 축전기의 극판면적이 커

지기때문이다.

2) 축전기의 직렬련결

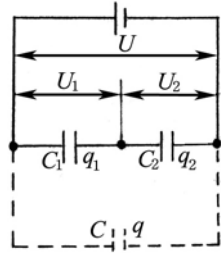
그림 8-14와 같이 두개이 축전기를 직렬로 련결하면

그림 8-14

$q_1 = q_2 = q$ (정전기유도)

$U = U_1 + U_2$, $U_1 = \frac{q_1}{C_1}$, $U_2 = \frac{q_2}{C_2}$ 이므로

$$U = q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{U}{q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{즉} \quad \boxed{\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

직렬련결한 축전기렬의 전기용량의 거꿀수는 매개 축전기의 전기용량의 거꿀수의 합과 같다.

직렬련결한 축전기렬의 전기용량은 매개 축전기의 전기용량보다 작다.

3. 전기마당의 에네르기

충전된 축전기는 방전하면서 일을 할수 있으므로 에네르기를 가진다.

충전된 축전기의 에네르기는 다음과 같이 표시한다.

$$\boxed{W = \frac{1}{2}CU^2}$$

충전된 축전기의 에네르기는 축전기극판사이에 생겨난 전기마당이 가지는 에네르기이다. 웃식에서 $U = El$ 라는것을 고려하면 전기마당의 에네르기는 전기마당의 세기의 두제곱에 비례한다는것을 알수 있다.

전기마당의 에네르기는 그 세기의 두제곱에 비례한다.

* 전자가 1V의 전압으로 가속되여 얻은 운동에네르기를 1eV(전자볼트)라고 부르고 이것을 에네르기단위로 많이 쓴다.

$$1\text{eV}=1.6\times10^{-19}\text{J}$$

[련습문제]

1. 마찰에 의하여 10^{-6}C의 양전기로 대전된 물체는 몇개의 전자를 잃었는가?

풀이방향. 전자 한개의 전기량은 1eV=1.6×10^{-19}C임을 생각하여라.

(답. 6.25×10^{9}개)

2. 수소원자의 반경이 0.5×10^{-10}m이다. 수소원자핵이 전자를 끌어당기는 힘은 얼마인가?

풀이방향. 수소원자에는 한개의 전자가 있으며 한개의 양전기량의 크기는 전자의 전기량과 같다는것을 생각하고 꿀롱의 법칙을 적용하여라.

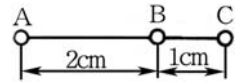
(답. 9.2×10^{-8}N)

3. 그림 8-15와 같이 꼭같은 전기량으로 대전된 세개의 물체가 있다.

그림 8-15

A가 B에 미치는 전기힘은 3×10^{-5}N이다.

ㄱ) C가 B에 미치는 전기힘은 얼마인가?

ㄴ) B에 작용하는 전기힘은 얼마인가?

풀이방향. 같은 부호의 전기량들사이에는 밀히이 작용하며 같은 크기의 전기량들사이에 작용하는 힘의 크기는 거리의 두제곱에 거꿀비례한다는것을 생각하면서 한 직선우에 작용하는 힘들의 합성법을 적용하여라.

(답. ㄱ) 1.2×10^{-5}N ㄴ) 9×10^{-5}N의 힘이 A쪽으로 향한다.)

4. 2등변직3각형의 두 뾰족각정점에 2×10^{-3}C의 전기를 띤 대전체가 있고 직각정점에는 7×10^{-3}C의 전기를 띤 대전체가 있다. 직각변의 길이가 5cm라면 직각정점에 있는 대전체에 작용하는 꿀롱힘은 얼마인가?

풀이방향. 꿀롱의 법칙을 리용하여 직각정점에 있는 전기량과 두 뾰족각에 있는 전기량들사이의 전기힘들을 구하고 그 힘들을 평행4변형법을 리용하여 합성하여라.

(답. 약 7×10^{-3}N)

5. 그림 8-16과 같이 길이가 4cm인 가는 실에 질량이 0.3g인 구를 달아맨 두개의 흔들이를 한 점에 나란히 드리우고 구를 꼭같은 전기량으로 대전시켰더니 실은 각각 드림선방향과 30° 의 각을 지었다. 구를 대전시킨 전기량을 구하여라.

풀이방향. 두 구에 작용하는 꿀롱힘을 구하고 꿀롱의 법칙을 적용하여 전기량을 구하여라. 구에 작용하는 중력 mg 를 실의 방향과 수평방향으로 분해하였을 때 수평방향의 분력이 꿀롱힘과 비기는 힘이라는것을 생각하여라.

(**답.** 약 1.7×10^{-3}C)

6. 전기마당의 세기가 4×10^{4}N/C인 고른전기마당속에 2.7×10^{-9}C인 대전체가 놓여있다. 대전체가 놓여있는 자리로부터

ㄱ) 전기마당의 방향으로

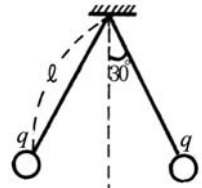
ㄴ) 전기마당과 반대방향으로

ㄷ) 전기마당의 방향에 수직으로

각각 9cm 떨어진 곳에서의 전기마당의 세기를 구하여라.

그림 8-16

풀이방향. 대전체가 만드는 전기마당과 고른전기마당의 중첩원리를 리용하여라.

(**답.** 10^{4}N/C, 7×10^{4}N/C, 5×10^{4}N/C)

7. 10cm 떨어진 두 점 A, B에 각각 $q_1=\frac{25}{3}\times10^{-9}C,\quad q_2=-3\times10^{-9}C$ 인 전기량이 있다. A, B를 맺는 직선우에서 전기마당의 세기가 령이 되는 점을 구하여라.

풀이방향. 전기마당의 중첩원리를 적용하여라. 먼저 q_1 과 q_2 가 만드는 전기마당의 방향을 따져 전기마당의 세기가 령인 점이 A, B의 연장선우에서 A, B밖에 있음을 판단하고 방정식을 세우고 풀어라.

(**답.** A로부터 25cm(또는 B로부터 15cm)인 점)

8. 드림선아래로 향한 전기마당속에 질량이 2mg인 기름방울이 공중어 떠서 멎어있다. 전기마당의 세기가 7.3×10^{4}N/C이라면 이 기름방울이 띠고있는 전기량은 얼마인가?

풀이방향. 기름방울에 작용하는 중력과 전기힘이 비긴다는것을 생각하여라. 동시에 전기마당과 중력의 방향을 따져 기름방울이 띠고있는 전기량의 　 를 결정하여라.

(**답.** 약 2.5×1^{-10}C의 음전기)

9. 전위차가 200V인 고른전기마당의 두 점사이를 100개의 전자가 이동할 대 전기힘이 한 일을 eV와 《J》단위로 표시하여라.

풀이방향. 전위차와 전기힘이 한 일사이의 관계식($U=\frac{A}{q}$)을 리용하여라.

(답. 2×10^{4}eV, 3.2×10^{-15}J)

10. 3 000V의 전위차를 가진 두 평행평판사이의 거리가 2cm이다. 이속에 질량이 $2.4\times10^{-}$g인 먼지가 받는 전기힘이 중력과 비기고있다. 먼지가 띤 전기량은 몇개의 전자의 전기량과 맞먹는가?

풀이방향. 먼저가 전기마당속에서 받는 전기힘은 $F_{전}=qE=ne\cdot\frac{U}{d}$ 임을 이끌어내고 이 힘과 중력이 평형을 이루고있으므로 전자의 개수 n을 구할수 있다.

(답. 9.8×10^{3}개)

11. 전자가 전기마당의 방향으로 3×10^{7}m/s의 속도로 전위가 6 000V인 점으로부터 날아간다. 전자의 속도가 령이 되는 점의 전위를 구하여라.

풀이방향. 전자가 전기마당의 방향으로 운동하려면 전기힘을 극복하는 일을 하여야 하며 이 일에 전자의 처음운동에네르기가 모두 소비된다는것을 생각하여라.

(답. 약 3 440V)

12. 서로 2cm 거리에 떨어져있는 두 평행평판에 120V의 전압을 걸어 평판사이에 전기마당을 만들었다. 멎어있던 전자가 전기마당의 작용을 받아서 3mm만큼 이동하였을 때의 속도는 얼마겠는가? 전자의 질량은 9.1×10^{-31}kg, 전기량은 1.6×10^{-19}C이다.

풀이방향. 전기힘이 하는 일이 전자의 운동에네르기와 같다는것을 생각하여라. 전기힘은 $F=qE$ 이고 전기마당의 세기는 $E=\frac{U}{l}$ 로 구할수 있다.

(답. 약 2.5×10^{6}m/s)

13. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

전기마당속에 도체를 가져오면 자유전자들은 전기힘을 받아 전기마당의 방향과 [ ]방향으로 쏠린다. 그러나 [ ]들은 금속결정의 [ ]에 얽매여있어 한쪽으로 쏠리지 못한다. 전기마당에

서 도체걸면에 전기량이 나타나는 현상을 [ ]라고 부른다. 정전기유도현상에 의하여 도체의 걸면에 나타난 전기량은 외부전기마당과 [ ]방향의 전기마당을 만든다. 이때 도체속의 전기마당의 세기는 [ ]이다.

풀이방향. 금속도체에서 정전기유도현상을 생각하여라.

14. 대전된 금속구 A와 대전되지 않는 금속구 B, C가 있다. 금속구 A의 전기량을 줄이지 않으면서 B, C가 서로 반대부호의 전기를 띠게 하자면 어떻게 하여야 하는가?

풀이방향. 금속도체의 정전기유도현상을 리용하여라.

15. 라지오가 설치된 승용차가 대동교나 금릉동굴을 지날 때 라지오소리에서 어떤 변화가 있겠는가? 지하철도지하역이나 지하전동차에서 라지오를 듣거나 TV를 시청할수 있겠는가?

풀이방향. 전기차페현상을 생각하여라.

16. 유전체의 분극과 정전기유도의 비슷한 점과 다른 점을 밝혀라.

풀이방향. 걸면에 전기량이 나타나는 현상, 전기량이 나타나는 현상, 유전체와 도체속의 전기마당의 세기, 유도전기량의 크기 등을 따져 비교하여보아라.

17. 대전된 물체가 가벼운 석종이와 같은 도체나 종이쪼박 같은 부도체를 끌어당기는 원인을 설명하여라.

풀이방향. 대전체가 만드는 전기마당속에 놓인 도체나 유전체들에서 정전기유도나 분극현상이 나타난다는것을 생각하여라.

18. 전기용량을 1㎌로부터 0.2㎌까지 변화시킬수 있는 가변축전기가 있다. 전기용량이 1㎌일 때 1 000V의 전압을 걸면 몇C의 전기량이 저축되겠는가? 다음에 전기량을 그대로 두고 전기용량을 0.2㎌로 변화시키면 축전기의 두 극판의 전압은 얼마로 되는가?

풀이방향. 축전기의 전기용량공식을 리용하여라.

(**답.** C, 5 000V)

19. 전기를 띤 평판축전기의 극판사이에 유전률이 ε인 유전체를 넣어 극판의 절반면적사이의 공간을 완전히 채웠다. 이때 축전기의 전기용량, 극판에 쌓인 전기량 및 극판사이의 전위차는 어떻게 변하겠는가?

풀이방향. 유전체를 넣으면 유전체를 넣은 부분과 넣지 않은 부분으로 된 두개의 축전기가 병렬로 련결된다는것과 같다는것을 생각하여라.

(**답.** 전기용량은 $\frac{1+\varepsilon}{2}$배, 전기량에는 변화가 없다. 전위차는 $\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}$배)

20. 그림 8-17에서 $C_1 = 5\mu F$, $C_2 = 15\mu F$, $C_3 = 20\mu F$이다. A, B사이의 전기용량을 구하여라.

풀이방향. 그림 8-17의 회로를 그림 8-18과 같이 바꾸어 그리고 축전기의 병렬 및 직렬련결에 대하여 생각하여라.

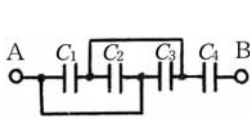
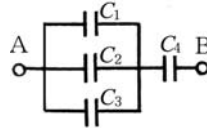



그림 8-17 그림 8-18

21. 전기용량이 1, 2, 3μF이고 절연내압은 다같이 2 000V인 축전기가 있다. 이 세 축전기를 직렬련 이었을 때와 병렬로 이었을 때 축전기렬의 전기용량과 절연내압은 얼마인가?

풀이방향. 축전기의 병렬 및 직렬련결과 축전기의 극판사이의 전압과 전기용량사이의 관계를 생각하여라.

제9장. 전 류

제1절. 부분회로의 옴의 법칙과 전기저항

1. 전류와 전류의 세기

1) 전류와 그의 방향

전자나 이온과 같은 대전립자들이 전기마당속에서 전기힘을 받아 질서있게 이동하는 현상이 **전류**이다.

전기량을 나르는 대전립자를 **전기나르개**라고 부른다.

전류의 방향은 +전기를 띤 립자들이 옮겨가는 방향으로 약속하였다.

전기마당속에서 +전기를 띤 립자들은 전기마당의 방향으로 이동하므로 결국 전류의 방향은 전기마당의 방향과 일치한다.

금속도선에서는 전류의 방향이 자유전자들의 흐름방향과 반대이다.

2) 전류의 세기와 그 단위

단위시간동안에 도체의 자름면으로 흐르는 전기량을 **전류의 세기**라고 부른다.

$$I = \frac{q}{t}$$

I: 전류의 세기, q: t시간동안 지나간 전기량

전류의 세기의 단위: 1A(암페아)

1A는 1s동안에 도체의 자름면을 지나 흐르는 전기량이 1C일 때의 전류의 세기와 같다.

1A=1C/s

1kA=10^3A

1mA=10^{-3}A

1μA=10^{-6}A

회로에서 전류의 방향이 시간에 따라 변하지 않는 전류를 **직류**라고 부르며 특히 세기와 방향이 모두 시간에 따라 변하지 않는 전류를 **정상전류**라고 부른다.

전류가 흐르도록 이어져있는 길을 **전기회로**라고 부른다.

전기회로를 이루는 전원, 부하, 스위치 등을 기호로 표시하여 그린것을 **회로도**라고 부른다.

3) 전류밀도

전류의 방향에 수직인 단위면적을 지나 흐르는 전류의 세기를 **전류밀도**라고 부른다.

$$j = \frac{I}{S}$$

금속에서 전류밀도는 자유전자의 평균속도에 비례한다.

$$j = env$$

n: 단위체적속에 들어있는 자유전자의 수

v: 자유전자의 평균속도, e: 전기소량(전자의 전기량)

2. 옴의 법칙

금속도선에서 전류의 세기는 도선의 두 끝에 걸린 전압에 비례ㅎ나다. 이것을 부분회로의 **옴의 법칙**이라고 부른다.

$$I = kU$$

비례결수 $k = \frac{I}{U}$ 는 주어진 도선에 1V의 전압이 걸렸을 때 흐르는 전류의 세기와 같은 량으로서 전류가 얼마나 잘 흐르는가를 표시하는데 이것을 **전기전도도**라고 부른다.

전기전도도의 거꿀수 $R = \frac{1}{k}$ 을 **전기저항**이라고 부른다.

옴의 법칙을 전기저항으로 표시하면 다음과 같다.

$$I = \frac{U}{R}$$

금속도선에 흐르는 전류의 세기는 전압에 비례하고 저항에는 거꿀비례한다.

우의 식을 다시 고쳐쓸 때 $U = IR$ 을 **전압강하**(전압떨어짐)라고 부른다.

3. 전기저항

전기저항 $R=\dfrac{U}{I}$ 는 1A의 전류를 흐르게 하는 전압과 같은 량으로서 전류의 흐름을 방해하는 정도를 나타낸다.

저항의 단위: 1Ω(옴)

1Ω은 도선에 1V의 전압이 걸릴 때 1A의 전류가 흐르는 도선의 저항과 같다.

$$1\Omega=1\text{V/A}$$

$$1\text{k}\Omega=10^3\Omega,\ 1\text{M}\Omega=10^6\Omega$$

도선의 저항은 일정한 온도에서 도선의 길이에 비례하고 자름면적에 거꿀비례한다.

$$R=\rho\frac{l}{S}$$

비례결수 ρ 는 도선의 재료에 관계되는 량인데 **비저항**이라고 부른다.

비저항은 자름면적이 1m^2이고 길이가 1m인 도선의 저항과 같은 값을 가진다.

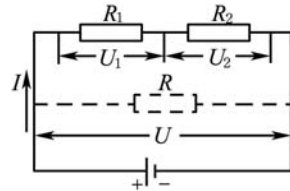
비저항의 단위: 1Ω·m(옴-메터)

4. 저항체의 련결

1) 저항체의 직렬련결

그림 9-1과 같이 두개의 저항체 R_1과 R_2를 직렬로 련결하였을 때

그림 9-1. 두 저항체의 직렬련결

· 매 저항체에 흐르는 전류의 세기는 같다.

$$I=I_1=I_2 \qquad (1)$$

· 매 저항체에 걸리는 전압은 그의 저항에 비례한다.

$$U_1=IR_1,\quad U_2=IR_2$$

· 저항체렬의 량끝에 걸리는 전압은 매 저항체에 걸리는 전압들의 합과 같다.

$$U = U_1 + U_2 = I(R_1 + R_2) \quad (2)$$

$U = IR$ 와 식 2를 비교하면

$$R = R_1 + R_2 \quad (3)$$

저항체들을 직렬로 련결하였을 때 전체저항은 매 저항체의 저항들을 더한것과 같다. 즉

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

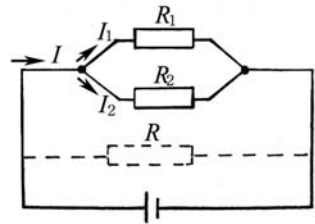
※ 꼭같은 저항 R_0 들을 n개 직렬련결하면

$$R = nR_0$$

그림 9-2. 두 저항체의 병렬련결

2) 저항체의 병렬련결

그림 9-2과 같이 두 저항체 R_1 과 R_2 를 병렬련 련결하였을 때

· 매 저항체에는 같은 전압이 걸린다.

$$U = U_1 = U_2 \quad (4)$$

· 매 저항체들에 흐르는 전류의 세기는 그의 저항에 거꿀비례한다.

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

· 저항체렬에 흐르는 전체 전류의 세기는 매 저항체에 흐르는 전류의 세기들의 합과 같다.

$$I = I_1 + I_2 = U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \quad (5)$$

$I = \frac{U}{R}$ 와 식 5를 비교하면

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (6)$$

병렬로 련결한 저항체들의 전체 저항의 거꿀수는 매개 저항체들의 저항의 거꿀수를 더한것과 같다. 즉

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

제2절. 닫긴회로의 옴의 법칙

1. 전 원

전기회로에 전류를 공급하는 전기에네르기의 원천을 **전원**이라고 부른다.

전기회로에서 전원은 전기적밀힘을 이기면서 전기량을 옮기는 일을 하여 두 전극사이의 전압을 유지하는 작용을 한다.

례: 화학전지: 화학에네르기를 전기에네르기로 전환시키는 전원

발전기: 력학적에네르기를 전기에네르기로 전환시키는 전원

전원의 능력은 전동력으로 평가한다.

전원의 전동력은 전기량을 옮기는데 필요한 일 A를 옮겨간 전기량 q로 나눈 값과 같다.

$$\mathscr{E}=\frac{A}{q}$$

※ 전위차(전압)에서 일 A는 전기마당속에서 전기힘이 하는 일이고 전동력공식에 들어있는 일 A는 전기적밀힘을 이기는 외부힘(첨가힘)이 전기량을 옮기는데 하는 일이다.

전동력의 단위: 1V(볼트)

1V는 1C의 전기량을 옮기는데 필요한 일이 1J인 전원의 전동력이다.

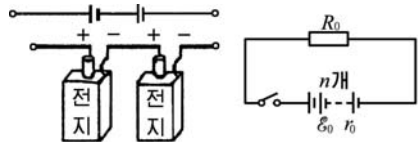
2. 전지의 련결

2개이상의 전지를 이어서 만든 전원을 **전지렬**(또는 바떼리)라고 부른다.

1) 전지의 직렬련결

한 전지의 +극에 다른 전지의 −극을 차례로 련결한것을 **전지의 직렬렬련결**이라고 부른다.(그림 9-3)

그림 9-3. 전지의 직렬련결

전동력이 $\mathscr{E}_0$이고 내부저항이 r_0인 꼭같은 전지 n개를 직렬련결한 전지렬에서 전체 전동력은

$$\boxed{\mathscr{E} = n\mathscr{E}_0}$$

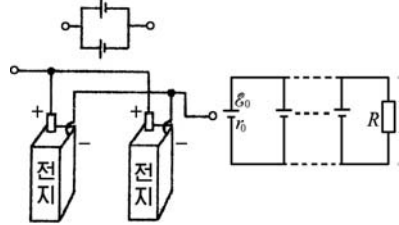
이고 내부저항은

$$\boxed{r = nr_0}$$

2) 전지의 병렬련결

그림 9-4

전지의 같은 극끼리 련결한것을 **전지의 병렬련결**이라고 부른다.(그림 9-4)

전동력이 $\mathscr{E}_0$ 이고 내부저항이 r_0 인 꼭같은 전지 n개를 병렬로 련결한 전지렬에서 전동력은

$$\boxed{\mathscr{E} = \mathscr{E}_0}$$

이고 내부저항은

$$\boxed{r = \frac{r_0}{n}}$$

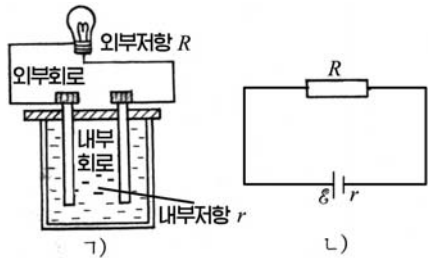
※ 전동력이 다른 전지들을 병렬로 련결하지 말아야 한다.

3. 닫긴회로

회로가 끊어지지 않고 거기에 전원이 들어있는 회로를 **닫긴회로**라고 부른다.(그림 9-5)

그림 9-5

외부회로: 전원의 한 극으로부터 외부저항 R (전부하)를 거쳐 다른 극에로 이르는 회로의 부분

내부회로: 전원이 한 극에서 내부를 거쳐 다른 극에 이르는 회로의 부분

4. 닫긴회로의 옴의 법칙

닫긴회로에서 전류의 세기는 전원의 전동력에 비례하고 닫긴회로의 전체 저항에 거꿀비례한다. 이것을 **닫긴회로의 옴의 법칙**이라고 부른다.

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$$

외부회로에 걸린 전압을 **전원의 단자전압**이라고 부른다.

$$U = IR = \mathscr{E} - Ir$$

외부회로에 전기부하가 없이(R=0) 련결도선끼리 맞닿아 련결되였을 때를 **단락(합선)상태**라고 부르며 단락상태의 전류를 **단락전류**라고 부른다.

$$I = \frac{\mathscr{E}}{r}$$

제3절. 키르히호프의 법칙

1. 키르히호프의 제1법칙

정상전류가 흐를 때 분기점에서 흘러들어오는 전류의 합은 흘나가는 전류의 합과 같다.(그림 9-6) 이것을 **키르히호프의 제1법칙**이라고 부른다.

$$I = I_1 + I_2$$

여기서 I_1, I_2은 분기점으로 흘러들어오는 전류의 세기이고 I는 분기점에서 흘러나가는 전류의 세기이다.

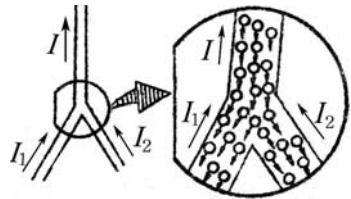



그림 9-6. 키르히호프의 제1법칙

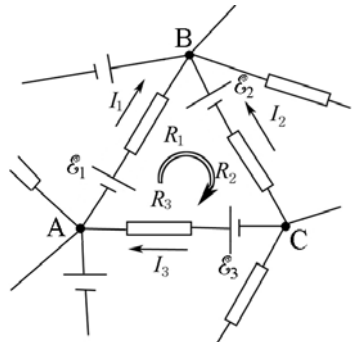
2. 키르히호프의 제2법칙

닫긴회로에서 매개 부분회로에서의 전압강하(전압떨어짐)의 대수적합은 전동력의 대수적합과 같다. 이것을 **키르히호프의 제2법칙**이라고 부른다.

$$I_1R_1 - I_2R_2 + I_3R_3 = \mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2 + \mathscr{E}_3$$

이 식에서 전류의 방향은 편리하게 약속한다.

그림 9-7. 키르히호프의 제2법칙

그림 9-7에서와 같이 전류의 방

향을 시계바늘의 회전방향으로 정하면 그와 반대방향으로 흐르는 전류의 방향은 -로 잡는다. 또한 약속한 전류의 방향으로 전위를 높여주는 전원의 전동력은 +로, 이와 반대이면 -로 잡는다.

제4절. 전력과 쥴의 법칙

1. 전 력

1) 전류의 일

도체에 전기마당이 걸리면 도체속의 전기나르개들은 전기힘을 받아 이동하면서 도체속으로 전류가 흐르는데 이때 전기마당이 하는 일을 **전류의 일**이라고 부른다.

전기마당이 하는 일의 크기는 $A = Eql = U \cdot q = UIt$ 이다.

$$A = UIt$$

전류의 일의 단위: 1J(쥴)

1J은 1V의 전압에서 1A의 전류가 1s동안 흐르면서 한 일과 같다.

전류의 일의 단위(또는 에네르기단위)로는 1eV(전자볼트)도 쓴다. 1eV는 1V의 전압에서 한개의 전자가 이동할 때의 일의 크기와 같다.

$$1\text{eV}=1.6\times10^{-19}\text{J}$$

2) 전 력

전류가 단위시간동안하는 일을 **전류의 일능률** 또는 **전력**이라고 부른다.

$$P = \frac{A}{t} = UI$$

전력의 단위: 1W(와트)

1W는 1V의 전압에서 1A의 전류가 흐를 때의 전력의 크기와 같다.

$$1\text{W}=1\text{V}\cdot\text{A}$$

3) 전력량

전류의 일을 **전력량**이라고 부른다.

전력량의 단위: 1J 또는 1kW·h(키로와트-시)

$A = Pt$ 에 의하여 1kW·h는 1kW의 전기부하가 1h동안에 한 일이다.

전기에네르기의 생산량과 소비량은 흔히 단위 1kW·h로 잰다.

2. 쥴의 법칙

전류가 흐르는 도체가 가열되는 현상을 **전류의 열작용**이라고 부른다.

전열기의 금속도선에 전류가 흐를 때에는 전류의 일이 모두 열량으로 넘어간다. $Q = A = UIt$ $U = IR$ 이므로 다시쓰면

$$Q = I^2Rt$$

전류가 흐르는 도세에서 나오는 열량은 전류의 세기의 두제곱과 도체의 저항 및 전류가 흐른 시간에 비례한다. 이것을 **쥴의 법칙**이라고 부른다.

전류의 열작용의 원인

금속도체에 전기마당이 걸리면 자유전자들이 전기힘을 받아 가속되여 큰 에네르기를 가지게 된다. 이 전자들이 양이온들과 부딪쳐 에네르기를 넘겨주면 양이온들의 열운동이 세차게 일어나서 도체의 온도가 올라가고 열이나게 된다.

웃식에서 보는것처럼 직렬련 련결한 저항체들에서는 꼭같은 전류가 하므로 저항이 큰데서 더 많은 열량이 나온다.

웃식에 $I = \dfrac{U}{R}$ 를 갈아넣으면

$$Q = \frac{U^2}{R}t$$

를 얻는다.

이 식에서 보는것처럼 병렬로 련결한 저항체들에는 꼭같은 전압이 걸리므로 저항이 작은데서 더 많은 열량이 나온다.

제5절. 물질속에서의 전류

1. 금속에서의 전류

1) 금속의 저항과 온도사이의 관계

금속의 저항은 온도가 높아지면 커진다.

0℃때의 저항을 R_0, t℃때의 저항을 R_t 라고 하면 저항의 변화값은

$$R_t - R_0 = \alpha R_0 t$$

이 식에서 비례결수는

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}$$

로서 온도가 1℃만큼 높아질 때 생긴 저항이 변화량을 처음저항값으로 나눈 값인데 **저항온도결수**라고 부른다.

저항온도결수의 단위: $1K^{-1}$

t℃때의 저항은 다음과 같다.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

온도가 높아지면 금속의 저항이 커지는것은 온도가 높아지면 금속원자들이 더 무질서하게 진동하므로 자유전자들이 한 방향으로 운동하는것을 더 심하게 방해하기때문이다.

금속도선의 저항이 온도에 따라 변하는 성질을 리용하여 금속저항온도계를 만들어 사용한다.

2) 열 전 류

종류가 다른 두 금속선의 이음점에 온도차를 만들면 닫긴회로에 전류가 흐른다. 이 전류를 **열전류**라고 부르며 열전류를 흐르게 하는 전동력을 **열전동력**이라고 부른다.

열전류의 원인

금속의 종류가 다르면 금속안의 자유전자의 농도도 다르다.

종류가 다른 두 금속을 이으면 확산현상에 의하여 자유전자의 농도가 큰데서 작은 쪽으로 전자가 퍼져 금속들의 두 이음점에 전위차가 생긴다. 즉 두 이음점의 온도가 다르면 전체 회로에 한쪽 방향의 열전동력이 생긴다.

3) 전자방출

금속안의 자유전자들은 금속겉면가까이에서 밖으로 나가지 못하게 하는 힘을 받기때문에 보통상태에서는 금속밖으로 튀여나올수 없다. 그러나 외부로부터 다른 작용을 주면 전자들이 그 에네르기를 넘겨받아 금속겉면층을 뚫고 금속밖으로 튀여나올수 있다.

자유전자들이 금속밖으로 튀여나오는 현상을 **전자방출**이라고 부른다.

한개전자가 방출되도록 하는데 필요한 최소의 일을 **방출일**이라고 부른다.

전자가 금속밖으로 튀여나가려면 전자의 운동에네르기가 방출일보다 작지 말아야 한다. 즉

$$\frac{1}{2}mv^2 \geq A$$

$\frac{1}{2}mv^2$: 자유전자의 운동에네르기, A: 방출일

금속을 가열할 때 전자가 에네르기를 받아 금속밖으로 튀여나오는 현상을 **열전자방출**, 이때 튀여나온 전자를 **열전자**라고 부른다.

빛을 쪼일 때 전자가 튀여나오는 현상을 **빛전자방출**, 이때의 전자를 **빛전자**라고 부르며 에네르기가 큰 립자(전자나 이온)로 때릴 때 전자가 튀여나오는 현상을 **2차전자방출**, 이때의 전자를 **2차전자**라고 부른다.

2. 기체속에서의 전류

1) 기체방전

보통상태에서 공기(기체)는 부도체이다. 그것은 기체속에 전기나르개가 없기때문이다.

중성인 기체분자가 전자와 이온으로 갈라지는 과정을 **기체의 이온화**라고 부른다.

기체의 이온화는 불길의 작용이나 기타 다른 작용(전자선, 자외선, 방사선 등)에 의하여 일어난다.

이온화된 기체에 전기마당이 걸리면 전자나 이온들이 전기힘을 받아 옮겨가면서 전류가 흐르게 된다.

기체속으로 전류가 흐르는 현상을 **기체방전**이라고 부른다.

기체속에서 전기나르게는 전자와 이온이다.

방전기체에서 전압과 전류의 세기사이의 관계

기체속으로 전류가 흐를 때 전압과 전류의 세기사이의 관계를 그라프를 그리면 그림 9-8과 같다.

그림 9-8. 기체속에서 전류의 세기와 전압사이의 관계

그라프에서 보는것처럼 기체속으로 흐르는 전류의 세기는 전압에 비례하지 않는다.

그라프에서 O-A-B구간에서의 전류는 외부작용으로 생겨난 전자와 이온에 의하여 흐르므로 이런 방전을 **종속방전**이라고 부른다. 그리고 A-B구간에서 흐르는 전류를 **포화전류**라고 부른다.

그라프의 B-C구간에서는 외부작용이 없이도 전기마당에 의하여 전자와 이온들이 생겨나므로 이런 방전을 **독립방전**이라고 부른다.

B-C구간에서처럼 전자와 이온들이 사태처럼 늘어나는 현상을 **전자사태**라고 부른다.

독립방전이 일어나기 시작하는 한계전압을 기체의 **절연파괴전압**이라고 부른다.

2) 여러가지 기체방전현상

① 희박한 기체속에서 일어나는 기체방전

미광방전: 압력이 10^4Pa이하인 희박한 기체속에서 약한 빛을 내면서 일어나는 기체방전

음극선: 방전관의 음극에서 나와 양극쪽으로 날아가는 전자들의 빠른 흐름(**전자선**)이라고 부른다. 음극선은 방전관의 압력을 10Pa 아래로 더 낮추었을 때 나온다.

② 대기압에서 일어나는 기체방전들

호광방전: 두 전극을 접촉시켜 접촉부위가 가열된 다음 약간 떼여 놓을 때 전극사이에서 활등모양의 불길이 생기면서 일어나는 기체방전

리용: 용접, 절단, 전기로에서 강철생산, 카바이드생산, 탐조등이나 영사기조명

불꽃방전: 매우 센(3×10^6V/m) 전가마당속에서 큰 소리와 함께 불줄기가 생기면서 일어나는 기체방전(례: 번개, 벼락)

코르나방전: 전가마당이 매우 고르롭지 못한 센 전기마당속에서 불꽃방전이 일어나기에 앞서 작은 소리와 연한 빛과 함께 코로나모양의 불길을 내면서 일어나는 기체방전

리용: 피뢰침, 먼지잡이장치, 씨앗고르는 장치 등

3) 플라즈마

플라즈마란 부분적으로 또는 완전히 이온화된 대전립자들로 이루어졌지만 전체적으로는 전기적으로 중성인 물질

우주공간에 있는 전체 물질의 96%이상이 플라즈마상태에 있다.

플라즈마의 성질

플라즈마속의 대전립자들은 센 전기힘으로 밀거나 닫기면서 큰 속도로 열운동을 한다.

전류를 잘 흘려보낸다. (전기전도도는 금속에 가깝다.)

전기마당이나 자기마당의 영향을 세게 받는다.

플라즈마는 구성과 성질이 기체, 액체, 고체와는 다르므로 **물질의 제4상태**라고도 부른다.

플라즈마의 리용

· 금속가공에 리용(절단, 용접)한다.

·전기를 생산할수 있다.(직접발전)

3. 액체속에서의 전류

용질이 용매속에서 이온들로 갈라지는 현상을 **해리**라고 부르며 이온이 풀려있는 용액을 전해질용액 전해질용액을 만드는 물질을 **전해질**이라고 부른다.

전해질용액에 전기마당을 걸어주면 양이온은 음극으로 음이온은 양극으로 이동하면서 전류가 흐른다.

전해질용액에서 전기나르개는 이온이다.

전해질용액으로 흐르는 전류의 세기는 용질이 농도가 클수록, 전해질용액의 온도가 높을수록 커진다.

4. 반도체

1) 반도체와 그의 특성

① **반도체란:** 비저항이 도체와 부도체의 중간정도의 값을 가지

면서 외부조건에 따라 심하게 변하는 물질

대표적인 반도체로 규소, 게르마니움, 셀렌 등을 들수 있다.(그림 9-9)

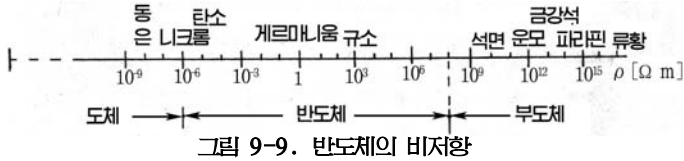



그림 9-9. 반도체의 비저항

② 반도체의 특성

· 반도체의 전기저항은 온도가 높아지거나 빛을 쪼일 때 급격히 작아진다.

· 반도체속에 적은 량의 혼입물을 섞어도 반도체의 저항이 급격히 작아진다.

③ 반도체에서의 전류

낮은 온도에서 반도체인 규소결정속에 전기나르개가 없으므로 부도체이다.(그림 9-10의 ㄱ)

규소결정에 열을 주거나 빛을 쪼이면 값전자들은 원자에서 떨어나와 자유롭게 떠돌아다닌다.

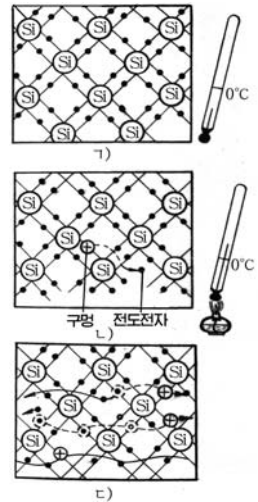
원자에서 떨어져나온 전자를 **전도전자**, 빈자리를 **구멍**이라고 부른다.(그림 9-10의 ㄴ)

그림 9-10

전도전자와 구멍의 수가 같은 반도체를 **순수반도체**라고 부른다.

순수반도체에 전기마당이 걸리면 구멍은 마당의 방향으로 전도전자는 마당과 반대방향으로 옮겨가면서 전류를 이룬다.(그림 9-10의 ㄷ)

반도체에서 전도전자에 의한 전류를 **전자전류**, 구멍에 의한 전류를 **구멍전류**라고 부른다.

반도체에서는 전도전자와 구멍이 전기나르개로 된다.

2) n형반도체와 p형반도체

① n형반도체

4값원소인 규소결정에 5값원소인 린을 섞으면 린원자의 5개값전자들가운데서 4개만이 이웃규소원자와 공유결합을 이루고 나머

지 한개는 쉽게 떨어져나와 전도전자로 되고 린원자는 +이온으로 된다.(그림 9-11)

이때 린원자에서 전자가 떨어져나와도 구멍이 생기지 않는다. 규소결정에 넣은 린원자는 쉽게 전도전자를 주기때문에 **주개**라고 부른다.

그림 9-11. 전자반도체의 결정구조

린원자가 섰인 규소결정속에는 구멍의 수가 전도전자의 수에 비하여 대단히 작아서 무시할수 있다.

기본전기나르개가 전자인 반도체를 **전자반도체** 또는 **n형반도체**라고 부른다.

주개가 있는 반도체는 전자반도체이다.

② p형반도체

순수한 규소결정에 3값원소인 붕소를 섞으면 붕소원자의 값전자는 세개이므로 규소원자와 공유결합을 완성하지 못하고 빈자리인 구멍이 생기고 붕소원자는 -이온으로 된다.(그림 9-12)

그림 9-12. 구멍반도체의 결정구조

이때에는 구멍이 생겨도 전도전자는 생기지 않는다.

규소결정속의 붕소원자는 이웃에 있는 규소원자로부터 전자를 받아 구멍을 만들므로 **받개**라고 부른다.

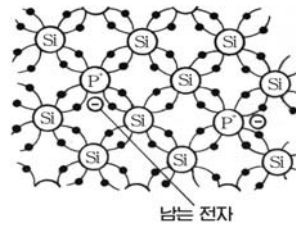
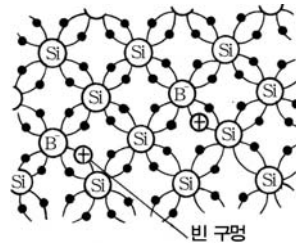
받개가 들어있는 반도체에서는 전도전자의 수가 구멍의 수에 비하여 대단히 작아서 무시할수 있다.

기본전기나르개가 구멍인 반도체를 **구멍반도체** 또는 **p형반도체**라고 부른다.

받개가 있는 반도체는 구멍반도체이다.

순수 반도체속에 약간의 혼입물을 넣은 반도체를 **혼입물반도체**라고 부른다.

2) p-n이음

순수반도체결정의 한쪽면에 주개혼입물을 넣어 n형반도체를 만들고 다른쪽 면에 받개혼입물을 넣어 p형반도체를 만들면 하나

의 반도체결정속에 n형 및 p형반도체가 맞닿은 경계면이 생긴다.

n형반도체와 p형반도체가 맞닿은 경계면에 생긴 전기층을 **p-n 이음**이라고 부른다.

p-n이음에는 기본전나르개가 거의 없고 p형반도체쪽에 받개원자들의 -이온이, n형반도체쪽에 주개원자들의 +이온만이 존재한다. 이리하여 p-n이음에는 n형반도체쪽에서 p형반도체쪽으로 향하는 전기마당이 생긴다.(그림 9-13)

p－n 이음

⊖ 받개원자의 음이온
⊕ 주개원자의 양이온
∘ p 형속의 구멍
• n 형속의 전도전자

그림 9-13. p-n 이음

p-n이음의 성질

・ p-n이임의 생긴 전기마당은 기본전기나르개인 전도전자와 구멍이 경계면을 넘어갈수 없게 막는《벽》과 같은 작용을 한다.

・ p-n이음에 외부로부터 전기마당을 작용시켜 이《벽》의 높이를 마음대로 변화시킬수 있다.

・ p-n이임에는 기본전가나르개인 전도전자와 구멍이 매우 적으므로 전기저항은 대단히 크다. 이 전기저항을 외부작용으로 변화시킬수 있다.

4) 반도체소자

① 반도체2극소자

하나의 p-n이음이 들어있는 반도체결정의 량쪽에 2개의 전극을 붙여만든 반도체기구를 **반도체2극소자**라고 부른다.

반도체2극소자는 전류를 한쪽방향으로만 흐르게 하는 정류작용을 한다.

그림 9-14. 반도체 2 극소자의 전류-전압특성곡선

반도체2극소자의 p형반도체에 전지의 +극을, n형반도체에 -극을 련결하면 p-n이음의 전기마당이 약해지고 전기저항도 작아져서 전류가 잘 흐른다.(그림 9-14의 ㄱ)

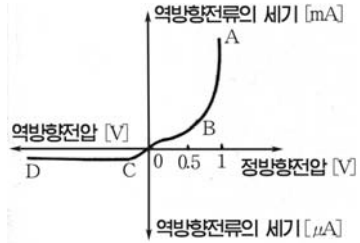
전지의 극을 반대로 이으면 p-n이음의 전기마당이 세지고 전

지저항도 커져서 전류가 흐르지 못한다.(그림 9-14의 ㄴ)

이리하여 반도체2극소자에서 전류는 한쪽방향으로만 흐른다.

반도체2극소자에 전류가 흐르도록 작용하는 전압을 **정방향전압**(정전압)이라고 부르며 전류가 흐르지 못하도록 작용하는 전압을 **역방향전압**(역전압)이라고 부른다.

그림 9-15. 반도체2극소자의 전류-전압특성곡선

반도체2극소자로 흐르는 전류의 세기와 전압사이의 관계는 그림 9-15의 그라프와 같다. 반도체2극소자에서 전류와 전압사이의 관계를 나타내는 그라프를 반도체2극소자의 **전류-전압특성곡선**이라고 부른다.

② 반도체3극소자

두개의 p-n이음이 들어있는 반도체단결정에 3개의 전극을 붙여만든 기구를 **반도체3극소자**라고 부른다.

n형반도체구역의 량쪽에 p형반도체구역이 있는것을 p-n-p형 반도체3극소자, p형반도체구역의 량쪽에 n형반도체구역이 있는것을 n-p-n형 반도체3극소자라고 부른다.

· **기초극**: 반도체3극소자의 가운데구역에 있는 극(전류를 조절하는 작용을 한다.)

· **방사극**: 기본전기나르개의 농도가 큰 구역(전기나르개를 내쏘는 작용을 한다.)

· **수전극**: 방사극에서 내쏜 기본전기나르개를 받아들이는 작용을 한다.(그림 9-16)

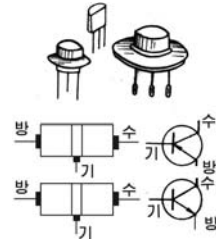



그림 9-16. 반도체3극소자

반도체3극소자는 증폭작용을 한다.

기초극과 방사극사이에 약하게 변하는 전류나 전압이 작용해도 수전극에는 크게 변하는 전류나 전압이 나타난다.

전류, 전압, 전력의 작은 변화를 크게 하여주는 작용을 증폭작용이라고 부른다.

③ 반도체집적회로

하나의 반도체단결정속에 수많은 전자요소들을 만들어 넣은 회

로를 **반도체집적회로**(IC)라고 부른다.

현대 집적회로기술은 1mm^{3}의 체적속에 수백만개의 전자요소가 들어있는 집적회로를 만들고있다.

집적회로를 쓰면 전자장치의 체적을 매우 작게 하면서도 든든하며 적은 전력을 쓰면서도 동작속도도 매우 빠르게 할수 있다.

[련습문제]

1. 큰 방안에 출입문이 앞뒤에 하나씩 있다. 어느쪽 문으로 나들어도 들어오면서 전등을 켜고 나가면서 끌수 있게 하려면 전기회로를 어떻게 련결하여야 하겠는가? 회로도를 그리고 설명하여라.

풀이방향. 전기줄 3개를 쓰고 문가에 절환스위치를 단다고 생각하여라.

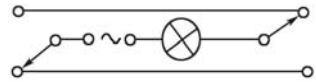



그림 9-17

답. 그림 9-17)

2. 저항이 10Ω인 동선에 전지를 이었을 때 그 단자전압이 1.6V였다. 동의 자유전자수밀도는 $8\times10^{28}\text{m}^{-3}$이고 동선의 반경은 0.1mm이다.

ㄱ) 이 동선의 자름면을 지나 1s당 흐르는 전기량은 얼마인가?

ㄴ) 동선의 자름면으로 1s당 몇개의 자유전자가 지나가겠는가?

ㄷ) 이때 한 방향으로의 자유전자의 평균속도는 얼마인가?

풀이방향. 옴의 법칙으로 전류의 세기를 구하고 $I=\dfrac{q}{t}$, $q=en$, $N=nS\overline{v}$ 임을 생각하여라. (e: 전자의 전기량, n: 자유전자수밀도, N: 전자의 총수 S: 도선의 자름면적)

(**답.** 0.16c/s, 10^{18}s-1, 0.4mm/s)

3. 그림 9-18과 같은 회로가 있다. $R_1=3\Omega$, $R_2=6\Omega$, 전지의 단자전압은 $U_1=3\text{V}$ 일 때 저항 R_3에 흐르는 전류의 세기와 저항값을 구하여라.

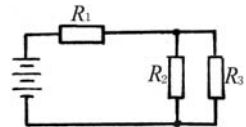



그림 9-18

풀이방향. 직렬, 병렬회로에서의 전류, 전압, 옴의 법칙을 리용하여라.

(**답**. 0.75A, 2Ω)

4. 물리실험실의 전기배선용동선이 있다. 그의 질량은 890g이고 자름면적은 1mm^{2}이다. 이 동선의 길이와 저항을 구하여라. 동의 비저항은 $1.7\times10^{-8}\Omega\cdot m$ 밀도는 8 900kg/m^3

풀이방향. 도선의 저항공식을 리용하여라. 도선의 길이는 $m=dV=dlS$ 로부터 $l=m/dS$ 이다.(d :밀도)

(**답**. 100m, 1.7Ω)

5. 내부저항이 10Ω이고 100mA까지 측정할수 있는 전류계로 최대 5A의 전류를 재려면 어느만 한 저항을 어떻게 련결하여야 하는가?

풀이방향. 최대전류 5A 가운데서 100mA만 전류계로 흐르고 나머지전류는 전류계에 병렬로 이은 저항을 통하여 흐르게 하여야 한다는것을 생각하여라.(그림 9-19)

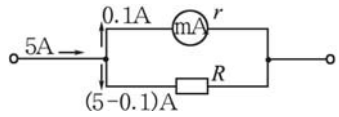



그림 9-19

(**답**. $R=0.2\Omega$인 저항을 전류계에 병렬로 이어야 한다.)

6. 내부저항이 100Ω이고 측정한계가 10V인 전압계로 300V까지 측정하려면 얼마의 저항을 어떻게 련결하여야 하는가?

풀이방향. 옴의 법칙을 리용하여 전압계로 흐를수 있는 최대전류를 구하고 전압계에 직렬로 저항을 이어 최대전류가 흐를때 그 저항에(300-10)V의 전압이 걸리도록 하면 된다는것을 생각하여라.(그림 9-20)

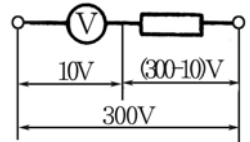



그림 9-20

(**답**. 2.9kΩ인 저항을 전압계에 직렬로 이어야 한다.)

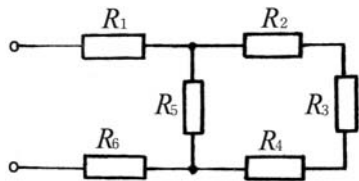
7. 그림 9-21과 같은 전기회로가 있다. 매 저항체의 저항은 2Ω이고 입구에 55V의 전압이 걸렸다. 매 저항체에 걸리는 전압과 전류의 세기를 구하여라.

풀이방향. 회로도를 그림 9-22와 같이 고쳐 그리고 직렬 또는 병렬로 련결한 저항공식과 옴의 법칙을 리용하여라.

그림 9-21

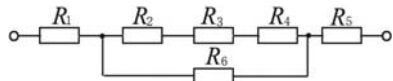



그림 9-22

(답.

저항체	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
전압 [V]	20	5	5	5	15	20
전류의 세기[A]	10	2.5	2.5	2.5	7.5	10

8. 내부저항이 50kΩ, 최대눈금이 150V인 전압계 V_1과 내부저항이 30kΩ, 최대눈금이 75V인 전압계 V_2를 직렬로 련결하고 그 두 끝을 전원의 단자에 련결하였다. 이때 전압계 V_1의 바늘은 115V를 가리켰다. 전압계 V_2의 바늘은 얼마를 가리키겠는가? 그리고 전원의 단자전압은 얼마인가? 또 전압계의 묶으므로 잴 수 있는 최대전압은 얼마인가?

풀이방향. 전압계로 흐를수 있는 최대전류(전압계가 최대눈금을 가리킬 때 흐르는 전류)값을 각각 구하고 115V의 눈금을 가리키는 전압계 V_1에 흐르는 전류의 세기를 구하여라. 전압계를 직렬로 이었으므로 두 전압계로는 같은 전류가 흐른다는것을 생각하여라.

(**답.** 69V, 184V, 200V)

9. 전동력이 6V, 내부저항이 1Ω인 전지 4개가 있다. 저항이 3Ω인 전기부하에 공급할수 있는 최대전력은 얼마인가?

풀이방향. 전지의 련결과 닫긴회로의 옴의 법칙을 리용하여라. 전지가 4개이므로 직렬 또는 병렬로 련결하였을 때의 전력을 비교해보아라.

(**답.** 약 35.2W(4개의 전지를 직렬로 련결하였을 때)

10. 저항이 10Ω인 외부회로에 같은 전지 2개를 직렬로 련결한 전원에 이으면 1/4A의 전류가 흐르고 이 전지 두개를 병렬로 련결한 전원에 이으면 1/7A의 전류가 흐른다. 이 전지의 전동력과 내부저항을 구하여라.

풀이방향. 같은 전지를 직렬로 련결하였을 때와 병렬로 련결한 전지렬에 닫긴회로의 옴의 법칙을 리용하여 련립방정식을 세우고 풀어라.

(**답.** 1.5V, 1Ω)

11. 꼭같은 n개의 전지들을 직렬로 련결하여 쓸 때와 병렬로 련결하여 쓸 때 외부회로에 흐르는 전류의 세기가 같았다. 어떤 조건에서 이것이 가능하겠는가?

풀이방향. 꼭같은 전지 n개를 직렬 또는 병렬로 련결한 전지렬에 닫긴회로의 옴의 법칙으로 전류의 세기를 구하고 전류의 세기가 같다는 조건으로 따져보아라.

(**답.** $R=r_0$ 즉 외부저항이 전지의 내부저항과 같을 때)

12. 그림 9-23과 같은 회로에서 $\varepsilon_1=4.5\text{V}$, $\varepsilon_2=3\text{V}$ 인 전지의 내부저항은 무시할수 있다. $R_1=4\Omega$ 이라면 스위치 K가 열려있을 때 전류계는 얼마를 가리키겠는가? 스위치 K를 닫았을 때 전류계가 령눈금을 가리킨다면 R_2 의 저항값은 얼마인가? 전류계의 내부저항은 무시할수 있다.

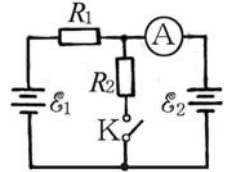



그림 9-23

풀이방향. 스위치 K가 열렸을 때와 닫겼을 때 닫긴회로망에 키르히호프의 제2법칙을 적용하여라.

(**답.** 약 0.38A, 8Ω)

13. 220V용18W콤팍트등에서 전압이 180V로 낮아지면 콤팍트등의 실지소비전력은 얼마인가?

풀이방향. 실지 전압이 낮아져도 콤팍트등의 저항이 변하지 않는다는것을 생각하고 전력공식에서 콤팍트등의 저항을 구하고 180V일 때의 소비전력을 계산하여라.

(**답.** 약 12W)

14. 220V용0.55kW 전동기에 정격전류가 흐를 때 열로 신실되는 전력은 얼마인가? 이 전동기의 효률은 얼마인가? 전동기의 저항은 2Ω이다.

풀이방향. 전력공식 $P=UI$ 로부터 정격전류 I 를 구하고 열로 신실되는 전력을 줄의 법칙으로 계산하여라. 전동기에서 소비되는 전체 전력에서 열손실전력을 던것이 력학적일로 전환되는 효과적인 전력이라는것을 생각하여라.

(**답.** 12.5W, 약 97.7%)

15. 가열선조의 길이가 6m인 전기주전자는 전원을 넣어서 15min 지나면 끓는다. 10min후에 끓게 하자면 가열선조의 길이를 얼마로 하여야 하는가?

풀이방향. 두 경우에 열량은 같고 사용전압도 일정하며 가열선

조는 길이만 다르고 비저항과 자름면적이 같다는것을 생각하여라. 쥴의 법칙을 리용하여 두 경우의 열량을 구하여 등식을 얻고 거기서 R_2 또는 l_2를 계산하여라.

(**답**. 4m)

16. 정격전압과 정격전력이 200V, 300W인 전열기가 있다. 전원전압이 180V 또는 220V일 때 얼마의 전력을 소비하겠는가? 220V의 전원에서 전열기가 소비하는 전력의 300W를 넘지 않도록 하려면 어떻게 하여야 하는가?

풀이방향. 13번문제풀이를 참고하여라. 정격전압보다 높은 전압이 걸리면 보충저항을 전열기에 직렬로 련결하여 전열기에 정격전압이 걸리도록 하여야 한다는것을 생각하여라.

(**답**. 243W, 약 360W $R=28\Omega$인 저항을 전열기에 직렬로 련결하여 사용하여야 한다.)

17. 마을로부터 15km 떨어져있는 중소형발전소에서 100kW의 전력이 생산된다. 이것이 송전도중에 전압이 떨어져서 마을에서 받는 최대전력은 95kW이다. 발전기의 전압을 1 000V로 보고 다음 값들을 계산하여라.

ㄱ) 송전선은 길이가 5km인 2선방식으로 되였다. 송전선의 저항은 얼마인가?

ㄴ) 송전선에 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

ㄷ) 송전선은 밀도가 8 900kg/m^3, 비저항이 $1.7\times10^{-8}\Omega\cdot$m인 동선으로 한다면 송전선전체의 질량은 얼마인가?

풀이방향. 도중손실은 송전선에서 쥴열로 소비된다는것을 생각하여라. 쥴의 법칙, 전력공식, 도선의 저항공식들을 리용하여라.

(**답**. ㄱ) 0.5Ω, ㄴ) 100A, ㄷ) 약 30.3t)

18. 소비전력이 큰 전열기다리미를 회로에 이으면 전등불이 처음에는 어두워졌다가 조금후에 다시 밝아진다. 왜 그런가?

풀이방향. 전열기저항선의 저항이 온도에 따라 변한다는것과 전등과 전열기가 병렬로한 전원에 이어졌다는것을 생각하여라. 그리고 전류가 커지면 전원의 단자전압이 낮아지고 반대로 전류가 작아지면 단자전압이 높아진다

는것을 고려하여라.

19. 100V용100W전열기의 0℃때 의 저항은 8Ω이였따. 가열선의 온도가 1 000℃일 때 저항이 52Ω이라면 이 전열기를 100V의 전우너에 이었을 때의 온도는 몇℃인가?

풀이방향. 저항선의 저항온도결수와 전열기를 100V의 전원에 련결하였을 때의 저항값을 구하고 금속의 저항과 온도사이의 관계식을 리용하여라.

(**답.** 약 2 000℃)

20. 0℃때 니크롬선의 비저항은 10-6Ω·m이고 저항온도결수는 2× $10^{-4}K^{-1}$이다. 직경이 0.8mm인 니크롬선으로 110V용600W의 전열기를 만들려면 그의 길이는 얼마로 해야 하는가? 전열기를 가열하였을 때 니크롬선의 온도는 900℃이다.

풀이방향. 도선의 저항공식과 금속의 저항과 온도사이의 관계식 및 전력공식을 리용하여라.

(**답.** 약 8.5m)

21. 산화물음극겉면으로부터 방출된 전자의 속도가 본래의 절반으로 작아졌다면 방출일이 1eV일 때 방출되전전과 후의 전자의 속도는 얼마인가?

풀이방향. 전자가 방출될 때 본래의 운동에네르기의 일부를 방출일로 소비한다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 6.84×10^{5}m/s, 약 3.42×10^{5}m/s)

22. 건조한 공기속에 있는 잘 절연된 검전기나 전지도 시간이 지나면 방전되고 만다. 왜 그런가?

풀이방향. 건조한 공기속에서도 자외선, 우주선, 방사선 드으이 작용으로 공기가 이온화된다는것을 생각하여라.

23. 피뢰침은 어떻게 벼락을 막는가?

풀이방향. 벼락은 땅과 구름사이의 불꽃방전이며 피뢰침의 뾰족한 끝에서 코로나방전이 일어난다는것을 생각하여라.

24. 영사기에 쓰이는 전기호광등에서 탄소전극사이의 전압이 60V일 때 30A의 전류가 흐른다. 이 호광등의 전력과 전기호광플라즈마의 저항은 얼마인가? 220V용 1kW 전등의 저항과 비교하여보아라.

풀이방향. 전력공식, 부분회로의 옴의 법칙을 리용하여라.

(**답.** 1.8W, 2Ω, 전등저항의 약 0.04배)

25. 전기용량이 55.3PF이고 극판사이의 거리가 3mm인 축전기가 10^3Ω의 저항과 전원에 직렬로 이어져있다. 축전기의 극판사이의 공기는 렌트겐선에 의하여 이온화되는데 1s동안에 단위체적속에 10^{15}개의 이온쌍이 생겨났다. 이온의 전기량은 전자의 전기량과 같다. 모든 이온쌍이 재결합없이 축전기극판에 끌려간다면 저항에서의 전압강하는 얼마인가?

풀이방향. $U = IR$ 를 리용하여라. 여기서 축전기와 저하이 직렬로 련결되였으므로 축전기의 극판사이로 흐르는 전류의 세기와 저항으로 흐르는 전류의 세기는 같다. 축전기극판사이로 흐르는 전류의 세기는 $I = enSd$ 이고 극판의 면적 S 는 평판축전기의 용량공식을 리용하여라. 전기상수 $\varepsilon = 8.85 \times 10^{-12} \mathrm{C}^2/(\mathrm{N{\cdot}m}^2)$이다.

(**답.** 약 9×10^{-6}V)

26. 금속도체와 반도체의 차이를 값전자의 상태에 의하여 밝히고 금속도체와 반도체의 비저항의 차이, 저항과 온도와의 관계에서의 차이를 설명하여라.

풀이방향. 금속도체와 반도체에서 자유전자(전도전자)가 생기는 과정, 전기나르개의 농도, 자유전자의 농도와 온도사이의 관계를 생각하고 비교하여보아라.

27. 저항이 1kΩ인 보통저항을 반도체열저항체와 직렬로 이은 회로의 두 끝에 20V의 전압을 걸었다. 방온도에서 회로에 흐르는 전류의 세기는 5mA였다. 열저항체를 더운 기름속에 넣었을 때 전류의 세기가 10mA로 되였다면 열저항체의 저항이 몇배나 변하였는가?

풀이방향. 두 경우에 전원전압은 변하지 않는다고 보고 **부분회로의** 옴의 법칙을 적용하여 두 경우에 전압을 표시하고 2개의 련립방정식으로부터 열저항체의 저항을 구하여 비교하여보아라.

(**답.** 1/3)

28. 방안온도에서 규소반도체는 10^{12}개당 1개의 원자가 전자 1개를 잃고 한쌍의 전자와 구멍을 만든다. 규소와 원자량은 28, 밀도는 2 300kg/m^3이다. 이때 규소의 구멍의 농도는 얼마인가?

이 규소에 0.001%의 비률로 린원자를 혼입물로 섞으면 **전도전자의** 농도는 얼마인가? 린원자는 모두 1개의 값전자를 전도전자로 내놓는다고 보아라. 이 혼입물반도체의 전도전자의 농도는 구멍의 농도의 몇배인가?

풀이방향. 원자수밀도(단위체적속의 원자의 수)는 $n_0 = N_0 \rho / \mu$ (N_0-아보가드로수 $6.023 \times 10^{23}\mathrm{mol}^{-1}$, ρ-밀도, μ는 몰질량이다.)임을 리용하여라.

(**답.** 구멍수밀도 $n_0 = 4.9 \times 10^{16}\mathrm{m}^{-3}$ 전도전자수밀도 $n_n = 4.9 \times 10^{22}\mathrm{m}^{-3}$, $n_n / n_P = 10^7$)

29. 그림 9-24는 절대온도에 따르는 혼입물반도체이 전기전도도의 변화를 보여주는 그라프이다. 왜 처음에는 온도가 높아질 때 전기전도도가 커지고 다음에는 약간 작아지다가 다시 급격히 커지게 되는가를 전기나르개의 발생과 전기나르개의 운동에 미치는 양이온의 열운동의 영향을 고려하여 설명하여라.

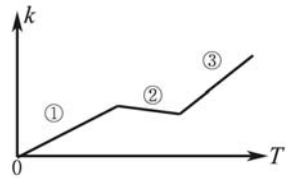



그림 9-24

30. 금속도체, 반도체, 액체, 기체속에서 전기나르개를 지적하고 비슷한 점과 다른 점을 찾아라.

풀이방향. 금속도체, 반도체, 액체, 기체속에서의 전기나르개를 다 찾아보고 그것들의 공통점과 차이점을 생각하여라. 전기나르개가 생기는 과정, 전기나르개의 농도와 온도와의 관계를 비교하여보아라.

제10장. 자기마당, 전자기유도

제1절. 자기마당

1. 자석과 자기마당

1) 자 석

자석은 철을 끌어당긴다. 철을 끌어당기는 힘이 센 자석의 량끝을 **자석의 극** 또는 **자극**이라고 부른다.

막대기자석을 실에 매달아 수평이 되도록 드리여면 자석의 극들은 언제나 북남방향을 가리킨다. 북쪽을 가리키는 자극을 **북극**(N극), 남쪽을 가리키는 자극을 **남극**(S극)이라고 부른다.

자석의 같은 극들은 서로 밀고 다른 극들은 서로 당긴다.

2) 자기힘과 자기마당

자석들이 호상작용하는 힘을 **자기힘**이라고 부른다.

자기힘이 작용하는 자석둘레의 공간을 **자기마당**이라고 부른다.

전기힘이 전기마당을 통하여 전달되듯이 자기힘도 자기마당을 통하여 전달된다. 이렇게 자기힘을 전달하는 특수한 상태의 물질이 자기마당이다.

3) 자기마당의 방향과 자력선

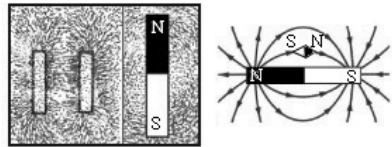
자기마당의 방향은 자기마당안에 가져다놓은 지북침의 N극이 가리키는 방향으로 정한다.

그림 10-1. 자석둘레의 자력선

전기마당을 전력선으로 표시한것처럼 자기마당도 자력선으로 표시할수 있다.

자기마당안에 곡선을 긋되 그 곡선의 매 점에서 그은 접선방향이 그 점에서 자기마당의 방향으로 되는 선을 **자력선**이라고 부른다.

자석에서 자력선은 N극에서 나와서 S극으로 들어간다. 그러므로 자석에서 자력선이 나오는 극이 N극이고 자력선이 들어가는 극이 S극으로 된다.(그림 10-1)

자력선은 전력선과 달리 언제나 닫긴다.

2. 전류의 자기마당

1) 에르스테드의 실험

1820년에 단마르크의 물리학자 에르스테드는 전기줄에 평행으로 놓인 지북침이 전기줄에 전류가 흐르면 90° 돌아간다는것을 발견하였다. 전류의 방향을 바꾸면 지북침이 돌아가는 방향이 반대로 된다.(그림 10-2)

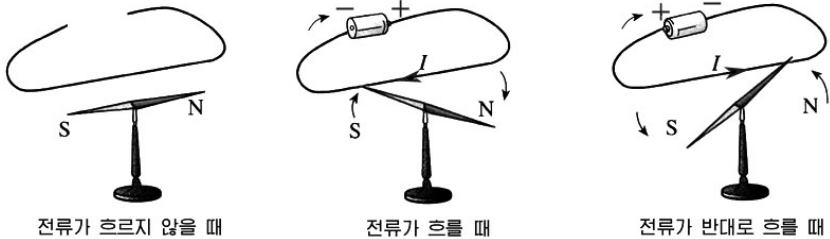



그림 10-2. 에르스테드의 실험

이것은 전류가 흐르는 도선은 주위에 자기마당을 만들어 지북침에 자기힘을 준다는것을 의미한다.

전류도 자석처럼 둘레에 자기마당을 만든다.

2) 직선전류의 자기마당

곧고 긴 도선에 전류가 흐를 때 그 둘레에 생기는 자기마당은 전류에 수직인 평면안에 있으며 전류를 중심으로 하는 원의 매 점에서 접선방향으로 향한다.

직선전류의 자기마당의 방향에 관한 오른나사의 규칙

오른나사를 전류의 방향으로 전진시킬 때 나사머리의 회전방향이 자기마당의 방향을 가리킨다.(그림 10-3)

그림 10-3. 직선전류의 자기마당

3) 원전류의 자기마당

원형도선에 전류가 흐를 때 그 둘레에 생기는 자기마당은 직선전류로 둘러싼것처럼 된다.

그러므로 원형도선에 전류가 흐를 때 생기는 자기마당은 직선

전류에 의한 자기마당들이 겹치여 이루어진다.(그림 10-4)

선륜에 전류가 흐를 때 생기는 자기마당은 한바퀴씩 감은 원전류에 의한 자기마당들이 겹치여 이루어진다.

원전류(또는 선륜전류)의 자기마당의 방향에 관한 오른나사의 규칙

오른나사머리를 전류의 방향으로 회전시킬 때 나사가 전진하는 방향이 원전류나 선륜의 중심에서의 자기마당의 방향을 가리킨다.(그림 10-5)

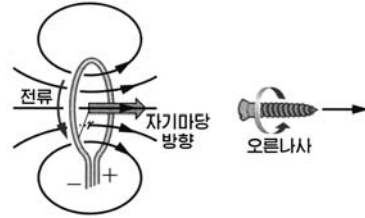



그림 10-4. 원전류의 자기마당

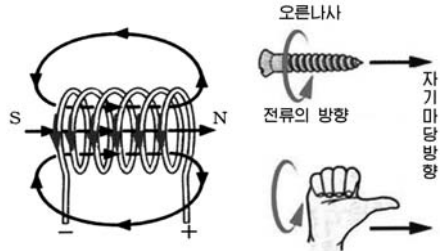



그림 10-5. 선륜전류의 자기마당

4) 전자석

전류가 흐르는 선륜은 막대기자석과 비슷한 자석으로 된다.

철심은 넣은 선륜은 **전자석**이라고 부른다.

전자석은 선륜에 전류가 흐르 때에만 자기힘이 나타나며 전류의 방햐이 바뀌면 자극도 바뀌여진다.

전자석의 자기힘은 선륜의 권회수가 많을수록, 선륜에 흐르는 전류의 세기가 클수록 세다.

전자석은 이런 특성으로 하여 기술분야에 널리 쓰인다.

례: 전자석기중기, 전기종, 전신기, 전자석계전기, 전화기, 고성기, 록음기자두, 전기측정계기 등

제2절. 전류가 자기마당속에서 받는 자기힘

1. 전류토막이 받는 자기힘과 자기유도

1) 전류토막이 받는 자기힘

대전립자가 전기마당속에서 전기힘을 받는것처럼 전류가 흐르는 도선토막도 자기마당속에서 자기힘을 받는다.

그림 10-6과 같은 실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

첫째로, 전류토막이 받는 자기힘의 방향은 자력선과 전류의 방향에 수직이면서 왼손의 규칙에 의하여 결정된다.

왼손의 규칙: 왼손바닥으로 자력선이 들어가게 하고 네손가락으로 전류의 방향을 가리킬 때 그에 수직인 엄지손가락이 전류토막이 받는 자기힘의 방향을 가리킨다.(그림 10-7)

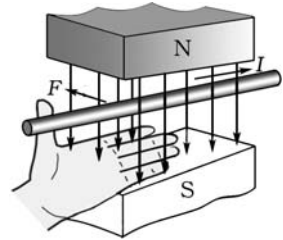
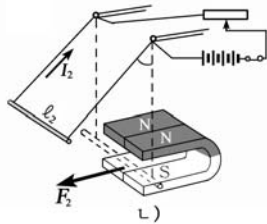
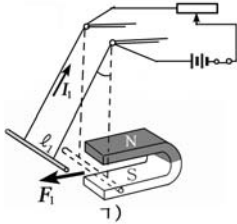



그림 10-6. 전류토막이 받는 자기힘　　　　그림 10-7. 왼손의 규칙

둘째로, 전류토막이 자력선에 대하여 수직일 때 전류토막이 받는 자기힘이 제일 크다. 전류토막이 자력선에 평행이면 자기힘은 령으로 된다.

셋째로, 자기마당속에 있는 전류토막의 길이가 길수록, 전류토막에 흐르는 전류의 세기가 클수록 전류토막이 받는 자기힘은 커진다.

2) 자기유도

전류가 흐르는 도선토막이 받는 자기힘의 크기 F는 도선이 자력선에 수직일 때 가장 크고 전류의 세기 I와 그 토막의 길이 l에 비례한다.

$$F = BIl$$

여기서 비례결수 B는 자기마당이 전류토막에 어느 정도로 센 자기힘을 주는가를 규정하는 량으로서 **자기유도**라고 부른다.

$$\boxed{B = \frac{F}{Il}}$$

자기유도는 벡토르량이고 그의 방향은 자기마당의 방향과 같다.

자기유도의 단위: 1T(테슬라)

1T는 1A의 전류가 흐르는 길이 1m인 전류토막에 1N의 자기힘이 작용하는 고른 자기마당의 자기유도와 크기가 같다.

$$1\mathrm{T} = \frac{1\mathrm{N}}{1\mathrm{A} \times 1\mathrm{m}} = 1\mathrm{N}/(\mathrm{A} \cdot \mathrm{m})$$

3) 전류가 흐르는 닫긴회로가 받는 자기힘

그림 10-8과 같이 축둘레로 돌 수 있게 만든 닫긴전류회로 ABCD 가 자기마당속에 놓여있을 때

· 변 AD와 BC에 작용하는 힘은 서로 비긴다.
· 변 AB와 CD에 작용하는 힘은 짝힘을 이룬다.

그림 10-8. 자기마당속에서 닫긴전류회로가 돌아간다.

짝힘모멘트는 회로면이 자력선에 평행일 때

$M = IBS$ (S는 닫긴회로면의 면적)

평행이 아닐 때에는

$M = IBS\cos\alpha$ (α는 회로면과 자력선사이의 각)

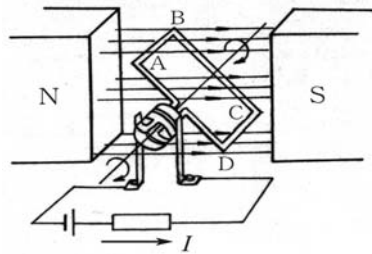
자기마당속에서 닫긴전류회로는 전류의 세기에 비례하는 힘을 받아 돌아간다. 이 원리는 직류전동기와 전류계를 만드는데 리용된다.

4) 평행전류의 호상작용

그림 10-9와 같은 실험에서 평행인 전류토막들사이에 작용하는 힘은 다음과 같다는것을 알수 있다.

첫째로, 방향이 같은 평행전류는 서로 당기고 방향이 다른 평행전류는 서로 민다.

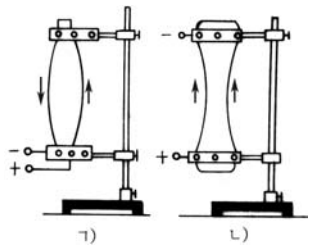
그림 10-9. 평행전류의 호상작용

둘째로, 전기줄에 흐르는 전류의 세기가 클수록, 전기줄의 길이가길수록 전기줄이 주고받는 자기힘은 커진다.

이때 전기줄의 매 부분이 받는 자기힘의 크기는 두 전류의 세기 I_1, I_2의 적과 그 부분의 길이 l에 비례하고 두 전기줄사이의 거리 r에 거꿀비례한다.

$$F = k'\frac{I_1 I_2}{r}\cdot l$$

여기서 비례결수 k'의 값은 다음과 같다.

$$k' = 2\times10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$$

5) 로렌쯔힘

자기마당속에서 운동하는 대전립자가 받는 자기힘을 **로렌쯔힘**이라고 부른다.

로렌쯔힘의 방향은 항상 전립자의 운동방향에 수직이며 왼손의 규칙으로 결정된다. 즉 왼손바닥으로 자력선이 들어가게 하고 네손가락으로 +로 대전된 립자의 운동방향을 가리킬 때 네손가락에 대하여 직각으로 펼친 엄지손가락이 대전립자가 받는 자기힘의 방향을 가리킨다.(그림 10-10)

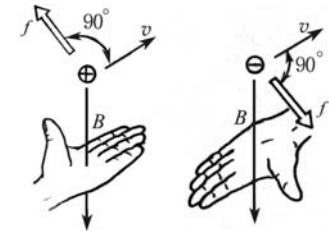



그림 10-10. 왼손의 규칙에 의한 로렌쯔힘의 방향결정

로렌쯔힘의 크기는 자기마당 B속에서 v의 속도로 운동하는 대전립자의 전기량이 q일 때 다음과 같다.

$$f = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

여기서 α는 자기유도벡토르 $\boldsymbol{B}$와 속도벡토르 v사이의 각이다.

$$\alpha = 90^\circ \text{ 이면} \qquad f = qvB$$

※ 한개의 전자가 받는 로렌쯔힘의 크기는 $f = qvB$ 이다.

로렌쯔힘은 대전립자의 속도의 크기는 변화시키지 않고 운동방향만 변화시킨다.

제3절. 물질의 자화, 자성체

1. 물질의 자화

물질이 외부자기마당의 작용으로 자기적성질을 띠는 현상을 **물질의 자화**라고 부르며 자기마당속에서 자기적성질을 띠는 물질을 **자성체**라고 부른다.

물질이 자기적성질을 띠는 정도를 투자률로 표시한다.

자성체속의 자기유도 B를 외부자기마당(진공속에서)의 자기유도 B_0으로 나눈 값을 **물질의 투자률**이라고 부른다.

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

투자률은 물질속에서 자기유도가 진공속에서 보다 얼마나 달라지는가를 가리킨다.

자성체가 자화되는 원인

원자핵둘레를 돌고있는 전자들은 닫긴전류를 이루므로 자기마당을 만드는데 이것을 **분자자석**이라고 부른다.

외부자기마당을 걸어주면 분자자석들이 방향으로 정렬되여 물질이 자화된다.

2. 자성체의 분류

물질은 투자률에 따라 다음과 같이 세가지로 나눈다.

① **상자성체**: 투자률이 1보다 약간 큰 자성체(자기마당속에서 외부마당과 같은 방향으로 매우 약하게 자화되는 자성체)

례: 알루미니움, 월프람

② **반자성체**: 투자률이 1보다 약간 작은 자성체(외부자기마당과 반대방향으로 매우 약하게 자화되는 자성체)

례: 동, 유리, 물

※ 외부자기마당과 반대방향으로 완전히 자화되여 투자률이 령인 물질을 **완전반자성체**라고 부른다.

례: 초전도체

③ **강자성체**: 투자률이 수천～수만이상인 자성체

례: 규소강(4×10^4), 파마로이(10^5이상)

※ 일반적으로 자성체라고 할 때에는 흔히 강자성체를 념두에 둔다.

3. 강자성체

1) 자발자화구역

강자성체는 절로 자화된 구역(자발자화구역)들로 이루어져있다.

자발자화구역: 자기마당을 걸어주지 않아도 분자자석들이 한방향으로 정렬되여 작은 자석으로 된 구역

자기마당이 없을 때 자발자화구역들의 방향은 무질서하므로 총

체적으로는 자기마당을 만들지 못한다. 자기마당속에 강자성체를 가져가면 자발자화구역들이 자기마당의 방향으로 정렬되면서 강자성체가 자화된다.

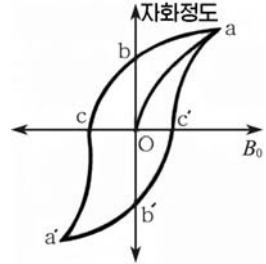
2) 자기리력현상

강자성체를 자기마당속에 가져다놓고 외부자기마당 B_0 을 변화시키면서 자화되는 정도를 재여 그라프를 그려보면 그림 10-11과 가은 자화곡선이 얻어진다.

그림 10-11. 자기리력곡선

포화자화: 모든 분자자석들이 한방향으로 정렬되여 B_0 이 커져도 자화가 커질수 없는 상태(a 또는 a′)

잔류자화: $B_0 = 0$ 일 때 자화정도가 령이 되지 않고 남아있는 자화(Ob 또는 ob′)

보자력: 잔류자화를 없애기 위하여 걸어준 반대방향의 자기유도(Oc 또는 Oc′)

자기리력곡선: 강유전체의 자화곡선(닫긴곡선 abca′b′c′a)

자기리력곡선만 알면 강자성체의 특성인 포화자화, 잔류자화, 보자력 등을 다 알수 있다.

3) 큐리온도

강자성체를 가열하면 그것을 이루는 자발자화구역의 분자자석들의 세찬 열운동을 하므로 자발자화구역들이 없어져서 상자성체로 된다. 강자성체가 상자성체로 넘어가는 온도를 **큐리온도**라고 부른다.

제4절. 전자기유도

1. 전자기유도현상

1) 유도전류

닫긴회로안의 자기마다잉 변할 때 닫긴회로에 생기는 전류를 **유도전류**라고 부른다.

2) 자력선묶음

고른 자기마당속에서 자기유도 B 에 자력선에 수직인 닫긴회로면의 면적 S 를 곱한 량을 면 S 를 지나는 자력선묶음이라고 부른다.

$$\Phi = BS$$

자력선묶음의 단위: 1Wb(웨버)

1Wb는 자기유도가 1T인 고른자기마당에 수직인 면적 $1m^2$를 지나는 자력선묶음이다.

$$1Wb=1T \cdot m^2$$

자력선묶음은 닫긴회로안의 자기마당 B가 변할 때 또는 면 S가 변하거나 자력선과 면 S가 이루는 각이 변할 때에도 변한다.

※ 자력선묶음이 변한다는 말과 닫긴회로에 작용하는 자기마당이 변하다는 말은 뜻이 같다.

3) 전자기유도현상

닫긴회로를 지나는 자력선묶음이 변할 때 그 닫긴회로에 유도전류가 생기는 현상을 **전자기유도**라고 부른다.

4) 유도전류의 방향

① 오른손의 규칙

오른손바닥으로 자력선이 들어가게 하고 엄지손가락으로 도선의 운동방향을 가리킬 때 그에 수직으로 편 네손가락이 유도전류의 방향을 가리킨다.(그림 10-12)

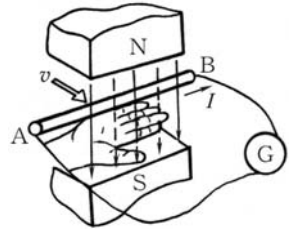



그림 10-12. 오른손의 규칙

② 렌쯔의 규칙

유도전류는 그것을 일으키는 자력선묶음의 변화(증가 또는 감소)를 막는 방향으로 흐른다.

5) 전자기유도법칙

닫긴회로에 작용하는 유도전동력은 그를 지나는 자력선묶음의 변화속도와 같다. 이것을 **전자기유도법칙**이라고 부른다.

$$\mathscr{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

권회수가 n인 선륜에 생기는 유도전동력은 선륜의 권회수에 비례한다.

$$\mathscr{E} = n \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

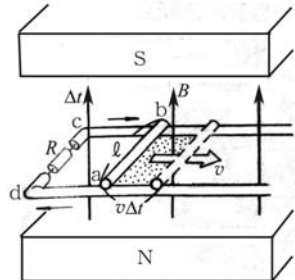



그림 10-13. 유도전동력의 크기

6) 유도전동력의 크기

그림 10-13과 같이 고른자기마당속에서 도선토막이 자력선을 끊으면서 운동할 때 유도전동력의 크기는 자기유도 B, 도선토막의 길이 l, 도선토막의 속도 v 및 자기유도 B와 도선토막의 속도 v 사이의 각의 시누스에 비례한다.

$$\mathscr{E} = Blv\sin\alpha$$

2. 전자기유도현상의 여러가지 형태들

1) 자체유도현상

도체자체에 흐르는 전류의 변화에 의하여 그 도체에서 일어나는 전자기유도현상을 자체유도라고 부르고 이때 생긴 유도전동력을 **자체유도전동력**이라고 부른다.

자체유도전동력은 전류의 변화속도에 비례한다.

$$\mathscr{E} = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

이 식에서 비례결수 L를 **자체유도결수**라고 부른다.

자체유도결수는 선륜의 모양과 권회수, 철심의 재료에 관계된다.

자체유도결수의 단위는 **1H**(헨리)이다.

1H는 전류의 세기가 1s동안에 1A씩 변할 때 1V의 자체유도전동력이 생기는 선륜의 자체유도결수와 같다.

2) 호상유도현상

두개의 선륜이 가까이 있을 때 한쪽선륜으로 흐르는 전류가 변하면 다른쪽 선륜에 유도전동력이 생기는 현상을 **호상유도**라고 부르며 이때 생긴 유도전동력을 **호상유도전동력**이라고 부른다.(그림 10-14)

호상유도전동력은 전류의 변화속도에 비례한다.

Δt 시간동안에 1차선륜의 전류변화를 ΔI_1 라고 하면 2차선륜에 생긴 호상유도전동력은 다음과 같다.

$$\mathscr{E} = M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

이 식에서 비례결수 M 을 **호상유도결수**

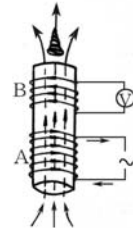
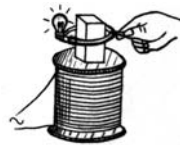



그림 10-14. 호상유도현상

라고 부른다.

호상유도결수는 선륜의 형태, 권회수, 호상배치, 칠심의 종류와 재질에 관계된다.

호상유도결수의 단위는 1H이다.

3) 후코전류

변하는 자기마당속에 있는 도체에 전자기유도에 의하여 생긴 회리모양의 유도전류를 **후코전류** 또는 **회리전류**라고 부른다.

후코전류의 작용과 그 리용

① 열작용과 그 리용

금속덩어리는 저항이 매우 작기때문에 회리전류가 세게 흐르고 따라서 심하게 가열된다. 회리전류의 이 열작용은 유도로에서 금속을 열처리하거나 유색금속이나 특수합금을 녹이는데 널리 리용되고있다.(그림 10-15)

그림 10-15. 고주파유도로

교류기계나 기구들에서는 회리전류에 의한 열손실을 막기 위하여 철심은 비저항이 큰 얇은 규소강판의 겉면에 절연물을 바른것을 싸아서 만든다.

② 제동작용과 그 리용

도체판이 자기마당속에서 운동하면 렌쯔의 규칙에 따라 도체판에는 그 운동을 방해하는 방향으로 회리전류가 흘러 도체판은 인차 멎는다. 이런 회리전류의 제동작용은 측정기구에서 바늘을 인차 멈추거나 적산전력에서 전류를 끊으면 회전원판을 곧 멈추게 하는데 쓰인다.

3. 자기마당의 에네르기

전기마당이 에네르기를 가지는것처럼 자기마당도 에네르기를 가진다.

선륜에 생긴 자기마당의 에네르기는 전류의 세기의 두제곱에 비례한다.

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

※ 자기마당의 에네르기에 관한 식은 물체의 운동에네르기에 관한 식과 비슷하다.

자기마당의 에네르기와 운동에네르기를 비교하면 다음과 같다.

질량 $m \to$ 유도결수 L

속도 $v \to$ 전류의 세기 I

운동에네르기 $\frac{1}{2}mv^2 \to$ 자기마당의 에네르기 $\frac{1}{2}LI^2$

제5절. 교류발전기와 변압기

1. 교류발전기

교류발전기는 전자기유도현상을 리용하여 교류를 얻는 기계이다.

그림 10-16과 같이 자석의 두 각사이에 있는 고른 자기마당속에서 도선틀을 돌리면 검류계의 바늘이 좌우로 흔들린다.(그림 10-16의 ㄱ)

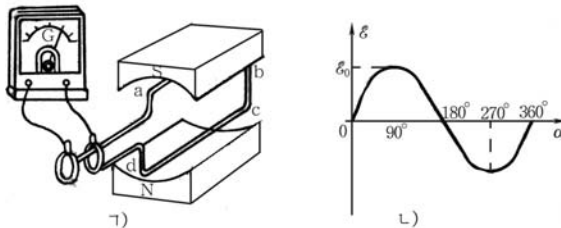



그림 10-16. 교류발전기의 원리

그림 ㄱ에서 도선 ab와 cd는 자력선을 끊으면서 운동하기때문에 유도전동력이 생긴다. 도선 ab와 cd는 직렬로 련결되여있으므로 권회수가 n일 때 유도전동력은 다음과 같다.

$$\mathscr{E} = 2nvBl\sin\alpha$$

도선의 운동방향과 자기유도사이의 각이 $\alpha = \pi/2$일 때 유도전동력은 최대로 되며 그의 크기는 $\mathscr{E} = 2nvBl$이므로

$$\mathscr{E} = \mathscr{E}_0 \sin\alpha$$

즉 전류의 세기와 방향이 시간에 따라 주기적으로 변하는 교류가 흐른다.(그림 ㄴ)

검류계대신 저항이 R인 전기부하를 련결하면 전류의 크기는

$$i = \frac{\mathscr{E}}{R} = \frac{\mathscr{E}}{R}\sin\alpha$$

$i_0 = \frac{\mathscr{E}_0}{R}$ 으로 표시하면 $\qquad i = i_0 \sin\alpha$

이와 같이 전류와 전압이 시누스적으로 변하는 교류를 **시누스교류**라고 부른다.

큰 발전기들에서는 전자석을 돌리는 방법으로 교류를 얻는다.

발전기의 축과 함께 도는 전자석을 회전자, 유도전류가 흐르는 선륜을 **전기자** 또는 **고정자**라고 부른다.

발전기의 축을 돌리기 위하여 수력, 화력, 원자력, 풍력, 조수력 등이 리용된다.

2. 변압기

호상유도현상을 리용하여 교류전압을 변화시키는 기구를 **변압기**라고 부른다.

1) 변압기의 구조

변압기는 닫긴철심과 두개의 권선으로 되여있다.(그림 10-17)

1차권선: 교류전원에 련결하는 권선

2차권선: 부하에 련결하는 권선

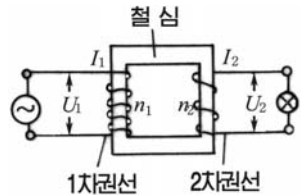



그림 10-17. 변압기의 구조

2) 변압기의 단자전압과 권회수사이의 관계

변압기철심이 닫겨있으므로 1차와2차권선을 지나는 자력선묶음이 꼭같이 변하여 두권선한바퀴에 유도되는 전동력은 같다. 따라서 권선에 생기는 유도전동력은 권회수에 비례한다.

권선의 저항이 매우 작기때문에 유도전동력은 권선의 단지전압과 거의 같다.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

1차권선의 전압이 2차권선의 전압보다 몇배나 높은가 낮은가를 표시하는 값을 **변압비**라고 부르며 k로 표시한다.

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

낮춤변압기(강안변압기): $k > 1$인 변압기

높임변압기(승압변압기): $k < 1$인 변압기

3) 변압기의 단자전압과 전류의 세기사이의 관계

변압기에서 전력손실이 매우 자아서 이것을 무시하면 1차전력과 2차전력은 같다.

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \quad \text{또는} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

1차권선에 흐르는 전류의 세기는 2차권선에 흐르는 전류의 세기에 비례하며 같은 전력에서 단자전압과 전류의 세기는 거꿀비례한다.

제6절. 교류회로

1. 교류를 특징짓는 량

1) 교류의 주기

교류가 한번 진동하는 시간

주기는 T 로 표시하면 단위는 1s(초)이다.

2) 교류의 주파수

교류가 1s동안에 진동하는 수

주파수는 ν 로 표시하며 단위는 1Hz(헤르쯔)이다.

주기와 주파수사이의 관계는 다음과 같다.

$$T = \frac{1}{\nu}, \qquad \nu = \frac{1}{T}$$

3) 교류의 진폭

교류전동력, 교류전압, 교류전류의 최대값

4) 교류의 실효값

같은 시간동안에 꼭같은 열작용을 주는 직류의 값(교류진폭의 $1/\sqrt{2}$)배와 같은 값)

$$\text{교류전류의 실효값} \ I = \frac{i_0}{\sqrt{2}} \quad (i_0 : \text{전류의 진폭})$$

$$\text{교류전압의 실효값} \ U = \frac{u_0}{\sqrt{2}} \quad (u_0 : \text{전압의 진폭})$$

저항에서 나오는 열량을 전력으로 표시하면

$$P = UI = \frac{i_0 u_0}{2} = \frac{P_0}{2}$$

2. 교류회로의 전기저항

1) 유도저항

선륜에 교류가 흐를 때 전류의 변화를 막는 자체유도전동력이 작용하기때문에 저항이 나타난다.

선륜이 교류에 대하여 나타내는 저항을 **유도저항**이라고 부른다.

유도저항을 X_L 로 표시하면 다음과 같다.

$$X_L = 2\pi\nu L = \omega L$$

ν: 교류의 주파수, L: 선륜의 유도결수, ω: 교류의 각주파수

유도저항은 교류의 주파수와 선륜의 자체유도결수에 비례한다.

유도저항의 단위: 1Ω(옴)

전류의 전압의 자리각사이의 관계

옴저항 $R=0$ 이고 유도결수 L 만 있는 선륜에 흐르는 전류의 세기를 $i_L = i_{L0}\sin\omega t$ 로 표시하면 선륜에 걸리는 단자전압은 다음과 같이 표시된다.

$$u_L = u_{L0}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

유도저항에서 교류전압은 전류보다 $\pi/2$ 만큼 자리각이 앞선다.(그림 10-18)

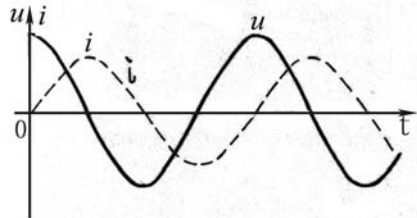



그림 10-18. 유도저항에서 교류전압과 전류의 세기의 자리각차

2) 용량저항

직류는 축전기를 통과하지 못한다. 그러나 축전기에 교류전압을 걸어주면 극판의 전기량이 변하면서 극판을 련결한 도선을 따라 전기량이 왔다갔다하면서 회로에 교류가 흐른다.

교류회로에서 축전기가 나타내는 저항을 용량저항이라고 부른다.

용량저항을 X_C 로 표시하면 다음과 같다.

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C} = \frac{1}{\omega C} \qquad C: \text{축전기의 전기용량}$$

용량저항은 교류의 주파수와 축전기의 전기용량에 거꿀비례한다.

용량저항의 단위: 1Ω

전류와 전압의 자리각사이의 관계

전기용량이 C 인 축전기에 걸리는 교류전압을 $u_L = u_{L0}\sin\omega t$ 로 표시하면 축전기에 흐르는 전류의 세기는 다음과 같이 표시된다.

$$i_C = i_{CO}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

축전기에서 전류는 전압보다 자리각이 $\pi/2$ 만큼 앞선다.(그림 10-19)

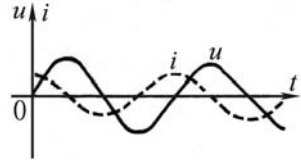



그림 10-19. 용량저항에서 전압, 전류의 자리각차

3) 무효저항

교류회로에서 선륜이나 축전기는 열을 발생하지 않으며 따라서 전기에네르기의 소비가 없다. 이런 의미에서 유도저항과 용량저항을 **무효저항**이라고 부른다.

무효저항을 X 로 표시하면 다음과 같다.

$$X = \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

옴저항 R 는 거기로 흐르는 전류가 전기열을 발생시키므로 무효저항과 구별하여 **유효저항**이라고 부른다.

직류회로에서는 유효저항만 작용하고 교류회로에서는 유효저항과 함께 무효저항도 작용한다.

3. 교류회로에서의 옴의 법칙

교류회로에서 R, L, C에 걸린 전압의 실효값들을 U_R, U_L, U_C 료 표시하면 회로전체에 걸리는 전압(단자전압)의 실효값은 다음과 같이 표시된다. $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = I\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

이 식에서

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

교류회로의 **완전저항**이라고 부른다. 이로부터

$$I = \frac{U}{Z}$$

교류회로에서 전류의 세기는 전압에 비례하고 완전저항에 거꿀비례한다. 이것을 **교류회로에서의 옴의 법칙**이라고 부른다.

4. 교류의 전력

교류회로는 일반적으로 유효저항 R, 유도결수 L, 전기용량 C를 가지며 이것들에서 전압과 전류의 자리각이 다 달라지므로 φ만한 자리각차를 가진다.(그림 10-20) 따라서 교류의 전력은 정상전류의 전력과 차이난다.

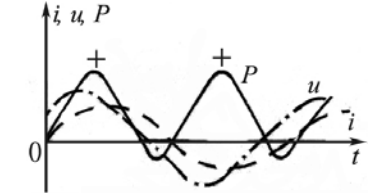



그림 10-20. 교류회로에서의 전류와 전압의 자리각차와 전력

1) 유효전력

력학적일이나 열로 시비되는 전력(그림에서 전력의+값)

$$P = UI\cos\varphi$$

유효전력의 단위: 1W(와트) 또는 1kW (키로와트)

2) 피상전력

전압과 전류의 실효값들을 곱한 량

$$S = IU$$

피상전력의 단위: 1V·A(바) 또는 1kV·A(크바)

발전기나 변압기의 용량을 표시하는데 쓰인다.

3) 무효전력

무효저항때문에 나타나는 전력(그림에서 전력의-값)

$$Q = UI\sin\varphi$$

무효전력의 단위는 1Var(바르) 또는 1kVar(크바르)이다.

4) 력 률

유효전력을 피상전력으로 나눈값

$$\frac{P}{S} = \frac{P}{IU} = \cos\varphi$$

무효저항이 커지면 력률이 작아진다. 력률이 작아지면 공급된 전력을 다 쓰지 못하므로 전력이 랑비된다. 따라서 력률을 높이는 것은 전기절약에서 큰 의의를 가진다.

[련습문제]

1. 자화된 강철막대기와 자화되지 않은 칠막대기가 있는데 그 겉모양이 꼭같다. 이 두개의 막대기외에는 아무것도 쓰지 말고 자석과 철막대기를 갈라내여라.
2. 자기마당과 전기마당의 공통점과 차이점을 밝혀라.

   풀이방향. 우선 자기마당과 전기마당은 다같이 힘을 전달한다는것, 다같이 방향을 가지고 있다는것, 자석이나 대전체의 둘레공간에 나타난다는것을 생각하여라. 다음으로 자기마당과 전기마당이 어떤 때에 생기며 어떤 물체에 힘을 주는가를 비교해보아라. 그리고 자력선과 전력선이 모양과 그의 성질을 따져보아라.
3. 그림 10-21의 ㄱ에서 전지의 극을 ㄴ에서 지북침의 극을 결정하여라. 그리고 선륜둘레에서의 자기마당의 방향을 알아내고 지북침의 극을 결정하여라.

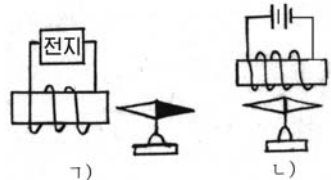



그림 10-21

4. 20A의 전류가 흐르는 전기줄을 고른 자기마당에 수직으로 놓을 때 1m에 작용하는 힘이 2×10^{-5}N이다. 만일 그 자리에 15A의 전류가 흐르는 전기줄을 놓는다면 전기줄 1m에 작용하는 힘은 얼마이겠는가?

   풀이방향. 자기마당에 수직으로 놓은 직선도선에전류가 흐를 때 도선이 받는 자기힘 $F=BIl$ 을 리용하여라. 두 경우에 자기유도 B 는 일정하다는것을 생각하여라.

   (**답.** 1.5×10^{-5}N)
5. 그림 10-22와 같이 질량이 10g인 도선토막이 자극사이에서 α 만큼 기울어져있다. 자기유도가 0.25T이고 자극의 길이는 20cm이다. 전류가 2A이면 기울어진 각 α 는 얼마인가? 련결도선의 질량은 생각하지 않는다.

   풀이방향. 도선토막이 받는 자기힘과 중력을 각각 련결도선의 방향성분힘과 자

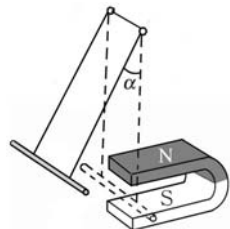



그림 10-22

리길(활등)의 접선방향성분힘으로 분해하고 힘들의 평형조건을 따져보아라.

(**답**. 약 45.6°)

6. 자기유도가 3T인 고른자기마당속에서 그에 수직으로 속도가 100m/s인 대전립자가 등속직선운동을 하려면 얼마만한 전기마당을 어떻게 걸어주어야 하겠는가? 대전립자의 무게는 무시할수 있다.

풀이방향. 등속직선운동을 하려면 대전립자에 작용하는 자기힘(로렌쯔힘)과 전기힘이 비겨야 한다는것을 생각하여라. 먼저 자기마당속에서 대전립자가 받는 로렌쯔힘의 크기와 방향을 알아내고 이 함과 비기는 전기힘이 작용하려면 얼마만한 전기마당을 어느 방향으로 걸어주어야 하겠는가를 결정하여라. 대전립자의 전기량의 부호가 주어지지 않았으므로 +전기를 띤 경우와 -전기를 띤 경우를 다 따져 결론을 찾아라.

(**답**. 300V/m, 전기마당을 자기마당과 속도의 방향에 다같이 수직이 되게 걸어주어야 한다.)

7. 서로 평행인 두 직선도선에 가은 방향의 전류가 흐르면 두 도선은 서로 당기고 반대방향의 전류가 흐르면서 민다. 애 그런가를 밝혀라.

풀이방향. 첫째 도선에 흐르는 전류 I_1이 만드는 자기마당의 방향을 오른나사의 규칙으로 결정하고 이 마당속에서 둘째 도선에 흐르는 전류 I_2이 받는 자기힘을 왼손의 규칙으로 따져보아라. 꼭같은 방법으로 I_2이 만드는 자기마당에서 I_1이 받는 자기힘을 따져보아라.

8. 진공속에서 전류의 세기가 각각 2A, 3A인 무한히 긴 평형전류들이 10cm만큼 떨여져있다. 이 도선에서 길이가 50cm인 부분이 받는 힘을 구하여라.

풀이방향. 평행전류의 호상작용에 대한 식을 리용하여라.

(**답**. 6×10^{-6}N)

9. 높이가 5cm이고 밑변이 4cm인 직4각형모양의 도선틀이 자력선에 평행으로 놓여있다. 작유도가 0.1T이고 전류의 세기가 10A일 때 도선틀을 돌리려는 짝힘모멘트의 크기를 구하여라.

풀이방향. 밑변에 작용하는 자기힘은 비기므로 도선틀에 작용하는 힘 $F = BIh$가 짝힘을 이룬다는것과 짝힘의 팔이 미끄

변의 길이와 같다는것을 고려하면 짝힘모멘트는 $M = Fl = BIS$ (S 는 도선틀의 면적)임을 리용하여라.

(답. 2×10^{-3}N · m)

10. 다음 글의 빈칸에 적당한 글을 써넣어라.

강유전체에는 ☐구역이 있고 강자성체에는 자발 ☐이 있다. 강자성체에서는 자화가 ☐에 비례☐고 ☐현상이 있는데 강유전체에서도 ☐이 전기마당의 세기에 ☐ 않고 리력 ☐이 있다. 강유전체에도 ☐온도가 있고 강자성체에도 ☐가 있다. 이와 같이 ☐와 ☐는 구조와 성질이 형식상 매우 비슷하다.

풀이방향. 강유전체와 강자성체의 구조와 성질을 비교하고 비슷한 점들을 찾아보아라.

11. 이떤 변압기의 1차권선에 흐르는 교류가 만드는 자기유도의 최대값은 2×10^{-3}T인 강자성체(알니코)를 철심으로 넣을수 있겠는가? 만일 넣는다면 어떤 현상이 일어나겠는가?

풀이방향. 변압기의 1차권선으로 흘는 전류의 변화에 따르는 자기유도의 변화가 그대로 철심속을 지나는 자력석묶음의 변화를 일으켜야 한다는것을 생각하여라.

12. 그림 10-23가 같이 가는 두 금속막대기의 가운데를 각각 실에 매달아 자기마당속에 수평으로 놓이게 하였더니 하나는 자력선에 평행일 때 멎고 다른 하나는 자력선에 수직일 때 멎었다. 어느것이 상자성체이고 어느것이 반자성체인가? 그 리유를 밝혀라.

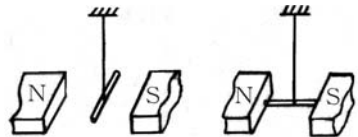



그림 10-23

13. 길이가 2m인 금속막대기가 자력선에 수직으로 0.5s동안에 2m만큼 운동할 때 금속막대기의 두 끝사이에 생긴 유도전동력이 0.8V이다. 자기유도는 얼마인가?

풀이방향. 전자기유도법칙을 리용하여라. 자력선묶음의 변화 $\Delta\Phi = B\cdot\Delta S$ 임을 생각하여라.

(답. 0.1T)

14. 저항이 50Ω인 선륜에 저항이 100Ω인 전등을 이어 닫긴회로를 만들었다. 선륜면을 수직으로 지나는 자력선묶임이 0.02s 사이에 6×10^{-4}Wb만큼 변하였다면 선륜의 권회수가 500일 때

전등에 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

풀이방향. 선륜의 저항이 전원의 내부저항이라는것을 생각하고 닫긴회로의 옴의 법칙을 적용하여라. 전원의 전동력은 전자기유도법칙으로부터 구할수 있다.

(답. 0.1A)

15. 그림 10-24와 가이 길이가 l인 전기줄이 저항 R와 련결된 도선 AB와 CD우로 마찰이 없이 v의 속도로 미끄러진다. 자기유도가 B인 자기마당은 그 면에 수직이다. 전기줄 l이 등속직선운동을 하려면 얼마만한 힘을 주어야 하는가?

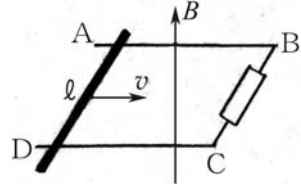



그림 10-24

풀이방향. 전기줄 l이 등속운동을 하려면 거기에 작용하는 자기힘을 극복하는 힘을 주어야 한다는것을 생각하여라.

(답. $F = \frac{B^2 l^2 v}{R}$)

16. 다음과 같은 현상의 원인을 밝혀라.

ㄱ) 선륜이 들어있는 회로에서 스위치를 열 때 접점사이에서 센 불꽃이 튄다.

ㄴ) 궤도전차나 무궤도전차가 달릴 때 뽈대와 전기줄사이에서 센 불꽃이 튀다.

풀이방향. 선륜에 전류가 흐를 때 선륜에 자기마다이 생기며 스위치를 열어 전류가 끊어지면 선륜의 자기마당이 없어지면서 큰 자체유도전동력이 작용한다는것을 생각하여라. 전차의 전기회로에도 전도기와 같이 선륜이 들어있다는것을 고려하여라.

17. 전자석을 세워놓고 그우에 알루미니움고리를 올려놓았다. 전자석의 선륜에 전류가 흐르도록 스위치를 닫으며 알루미니움고리가 튀여오른다. 왜 그렇게 되겠는가를 설명하여라.

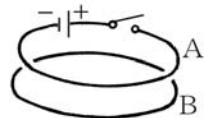
풀이방향. 호상유도현상과 렌쯔의 규칙을 생각하여라.

18. 두개의 회로가 그림 10-25와 같이 겹쳐놓여 있다. 회로 A에 련결된 스위치를 닫는 순간

그림 10-25

과 떼는 순간에 회로 B에 생기는 유도전류의 방향을 표시하여라.

풀이방향. 호상유도현상과 렌쯔의 규칙을 적용하여라.

19. 통신선들은 동력선들과 같은 전주대에 실치하지 않는다. 왜 그런가? 통신선(례: 전화선)이 동력선과 가까이에서 어길 때 그 사이에 금속그물을 설치하는것은 무엇때문인가?

풀이방향. 호상유도현상과 전기차페에 대하여 생각하여라.

20. 자체유도결수가 10H인 형광등회로의 한류계에 0.25A의 전류가 흐를 때 촉발기의 쌍금속편이 0.005s동안에 떨여졌다. 이때 생긴 자체유도전동력을 구하여라.

풀이방향. 자체유도현상과 자체유도전동력의 크기공식을 리용하여라. 쌍금속편이 떨어지는 순간에 전류의 세기는 0.25A로 부터 령으로 된다는것을 생각하여라.

(**답.** 500V)

21. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

금속덩어리를 지나는 ☐ 변할 때 ☐에 의하여 금속덩어리에 흐르는 ☐모양의 유도전류를 ☐라고 부른다.

변압기철심도 이 전류를 ☐ 하기 위하여 절연된 규소강판들을 쌓아서 강판의 면이 자력선에 ☐ 놓이도록 만든다.

풀이방향. 후코전류를 생각하여라. 후코전류가 흐르는 면과 자력선사이의 관계를 따져보아라.

22. 선륜에 철심을 넣었을 때와 넣지 않았을 때의 자체유도결수가 각각 400H, 2H인 선륜에 2A의 전류가 흐를 때 선륜속에서 철심을 멀리 빼내기 위하여 필요한 일을 구하여라.

풀이방향. 선륜에 철심을 넣었을 때와 넣지 않았을 때의 자기마당의 에네르기차에 해당한 일을 하여야 한다는것을 생각하여라.

(**답.** 796J)

23. 교류발전기에서 권선은 일정한 자기마당속에서 돌아간다. 자기마당은 일정한데 유도전동력은 어떻게 생기는가?

풀이방향. 유도전동력은 권선면을 지나는 자력선묶음이 변할 때 생긴다는것을 생각하여라. 발전기권선이 돌아갈 때 자기유도 B는 일정하여도 돌아가는 각에 따라 자력선묶음이 변한다는것을 따져보아라.

24. 한변의 길이가 10cm인 바른4각형권선틀에 권선을 100회 감았다. 이 권선틀이 자기유도가 0.5T인 고른자기마당속에서 1s당 60회 돌 때 권선에 생기는 유도전동력의 최대값은 얼마인가? 권선의 저항이 0.4Ω이고 권선의 량끝에 188Ω인 전등을 련결하면 전등에 흐르는 교류전류의 최대값은 얼마인가?

풀이방향. 교류발전기의 원리를 생각하여라. 교류전동력의 최대값 $\mathscr{E}_0 = 2nvBl$ 이고 $v = 2\pi R / T = 2\pi R\nu$ 임을 리용하여라.

(**답.** 188.4V, 1A)

25. 교류발전기의 두 단자사이에 련결한 전압계가 200V를 가리키고있다. 이 발전기의 선륜이 자력선에 대하여 30°, 45°, 90°, 180°의 각으로 운동하는 순간의 전동력값을 구하여라. 이 발전기 전동력의 진폭은 얼마인가?

풀이방향. 교류발전기전동력의 순간값 $k=15$, $\mathscr{E} = \mathscr{E}_0 \sin\alpha$, $k=15$, $I_1 = 15\text{A}$, $I_2 = 0.33\text{A}$)

26. 전자기유도현상을 응용한 장치, 기구, 기계이름을 5개이상 들고 그것들이 어떻게 자기의 사명을 수행하는가를 다음 실례와 같이 물리적으로 대답하여라.

례: 발전기: 력학적에네르기를 전기적에네르기로 바꾸어 전력을 생산한다.

27. 변압기는 왜 기류에만 쓰이고 직류에는 쓰지 못하는가? 직류회로의 전압은 어떻게 변화시키는가?

풀이방향. 변압기의 2차권선에서 유도전동력이 어떻게 생기는가를 따져보아라. 직류회로에서 저항에 의한 전압강하를 생각하여라.

28. 변압기로 3300V의 전압을 220V로 낮추어 가정들에 전력을 보내고있다. 이 변압기의 변압비는 얼마인가?

풀이방향. 전력공식, 변압비, 변압기의 단자전압과 전류의 세기사이의 관계식을 리용하여라.

(**답.** K=15, I_1=5A, I_2=0.33A)

29. 그림 10-26과 같은 회로가 있다. ㄱ은 $R=100\Omega$ 인 유효저항, L 은 $L=30\text{H}$ 인 선륜, C 는 $C=10\mu F$ 인 축

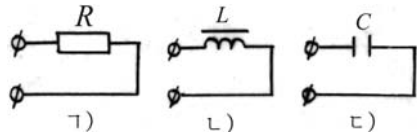



그림 10-26

전기가 각각 련결되여있다. 회로의 단자에 직류전원 100V 또는 60Hz인 교류전압 100V를 걸어주면 세가기 회로에서 직류 또는 교류전류의 세기는 각각 얼마인가?

풀이방향. 직류에 대하여 부분회로의 옴의 법칙($I=U/R$), 교류에 대하여 교류회로의 옴의 법칙($I=U/Z$)을 리용하여라.

(**답.** ㄱ) 직류 A, 교류 1A
ㄴ) 직류 ∞, 교류 약 0.09A
ㄷ) 직류 0, 교류 약 0.377A)

30. 200V의 전압이 걸린 교류회로에 전기용량이 100μF인축전기를 이었을 때 전류의 세기는 8A였다. 이 축전기를 떼내고 다시 유도결수가 10H인 선륜을 이으면 전류의 세기는 어떻게 되겠는가? 유효저항은 무시하여라.

풀이방향. 유도저항과 용량저항공식을 리용하여라. 두 경우에 각 주파수 $\omega=2\pi\nu$는 변하지 않는다는것을 생각하여라.

(**답.** 0.05A)

31. 발전능력이 1 600kW인 어느 한 발전소에서 기술혁신을 하여 력률을 0.8로부터 0.95까지 높였다. 여기서 얻어낸 전력으로 소비전력이 2.4kW인 전동기를 몇대나 더 돌릴수 있겠는가?

풀이방향. 발전기의 발전능력은 피상전력으로 나타낸다는것을 생각하고 기술혁신을 하고 전후의 유효전력의 차를 구하고 전동기대수를 결정하여라.

(**답.** 100대)

제11장. 곡선운동, 력학의 기본법칙의 적용

제1장. 운동의 합성과 분해

1. 합운동과 분운동

한 물체가 여러 운동을 동시에 하여 나타나는 하나의 운동을 **합운동**이라고 부른다.

합운동을 이루는 개별적인 운동을 **분운동**이라고 부른다.

례: 그림 11-1과 같이 강을 건너가는 배의 운동에서 분운동은 노를 젓는 방향인 OA방향의 배의 전진운동과 강의 흐름을 따르는 OB방향의 강의 흐름에 의한 운동이다. 합운동은 배의 전진운동과 강의 흐름에 의한 운동을 동시에 하는 OC방향의 운동이다.

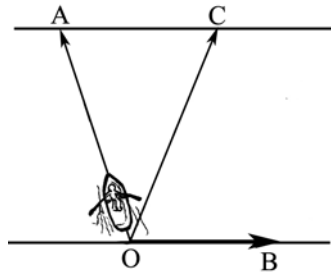



그림 11-1. 강을 건너가는 배의 운동

2. 운동의 합성과 분해

어떤 운동을 이루는 분운동의 변위나 속도를 알고 합운동을 구하는것을 **운동의 합성**이라고 부른다.

운동의 합성은 벡토르의 합성규칙인 평행4변형법에 따른다. (그림 11-2)

변위의 합성 $\boldsymbol{S}=\boldsymbol{S}_1+\boldsymbol{S}_2$

속도의 합성 $\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}_1+\boldsymbol{v}_2$

하나의 운동을 여러개의 분운동으로 나누는것을 운동을 분해라고 부른다.

운동을 분해할 때에는 합운동의 변위나 속도벡토르를 대각선으로 하는 평행4변형의 두변을 구하면 된다.

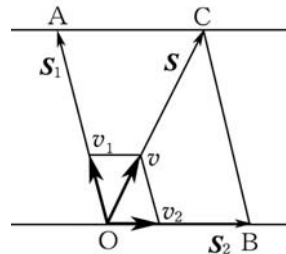



그림 11-2. 운동의 합성

제2절. 등속원운동

1. 등속원운동

물체가 원자리길을 따라 회전하는 운동을 **원운동**이라고 부르며 원운동하는 물체의 속도의 크기가 시간에 따라 변하지 않는 운동을 **등속원운동**이라고 부른다.

회전주기: 물체가 한바키 도는데 걸리는 시간 회전주기는 T로 표시하며 단위는 1s이다.

회전수: 원운동하는 물체가 1s동안에 돌아간 수

회전수는 ν로 표시하며 단위는 $1s^{-1}$이다.

주기와 회전수사이의 관계

$$\nu = \frac{1}{T} \quad 또는 \quad T = \frac{1}{\nu}$$

2. 등속원운동의 선속도

원운동하는 물체가 단위시간동안에 옮겨간 거리를 나타내는 속도를 선속도라고 부른다.

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu$$

원운동하는 물체의 선속도의 방향은 원의 매 점에서 그은 접선방향이다.

등속원운동에서 자리길의 매 점에서 선속도의 크기는 갈지만 방향은 련속적으로 변한다.(그림 11-3)

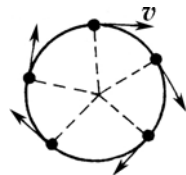



그림 11-3. 등속원운동에서 속도벡토르

3. 등속원운동의 각속도

원운동하는 물체가 1s동안에 돌아간 각을 각속도라고 부른다.(그림 11-4)

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T}$$

각속도의 단위: 1rad/s(라디안 매 초)이다.

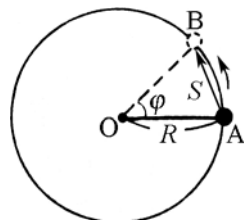



그림 11-4. 원운동의 각속도

1rad/s는 1s동안에 돌아간 각이 1rad일 때의 각속도이다.
선속도와 각속도사이의 관계는 다음과 같다.

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$$

4. 향심력

뉴톤의 제1법칙에 의하면 운동하는 물체에 힘이 작용하지 않거나 작용하는 힘들이 평형을 이루면 그 물체는 등속직선운동을 한다. 물체가 원운동을 하는것은 물체의 운동속도방향에 수직인 힘이 작용하기때문이다.

물체를 중심쪽으로 끌어당겨 원운동하게 하는 힘을 **향심력**이라고 부른다. 향심력의 크기는 다음과 같다.

$$F_{향} = m\frac{v^2}{R} \qquad 또는 \qquad F_{향} = mR^2\omega^2$$

어떤 때에는 몇개의 힘들의 합력이 향심력으로 된다. 그 어떤 힘이든지 원운동을 일으키는 힘은 모두 향심력으로 된다.

5. 향심가속도

뉴톤의 제2법칙에 의하면 물체에 힘이 작용하면 힘의 방향으로 힘의 크기에 비례하는 가속도가 생긴다.

원운동에서 속도의 방향에 수직이면서 원의 중심으로 향하는 가속도를 향심가속도라고 부른다. 향심가속도의 크기는 다음과 같다.

$$a_{향} = \frac{v^2}{R} \qquad 또는 \qquad a_{향} = R\omega^2$$

제3절. 던진 물체의 운동

1. 운동의 독립성

물체가 여러가지 운동을 동시에 할 때 매개의 운동이 다른 운동에 아무런 영향도 주지 않는 성질을 **운동의 독립성**이라고 부른다.

그림 11-5에서 두 철구 A와 B가 동시에 바닥에 떨어지는것은

수평방향의 운동과 드림선방향의 운동이 서로 다른 운동에 영향을 주지 않기때문이다.

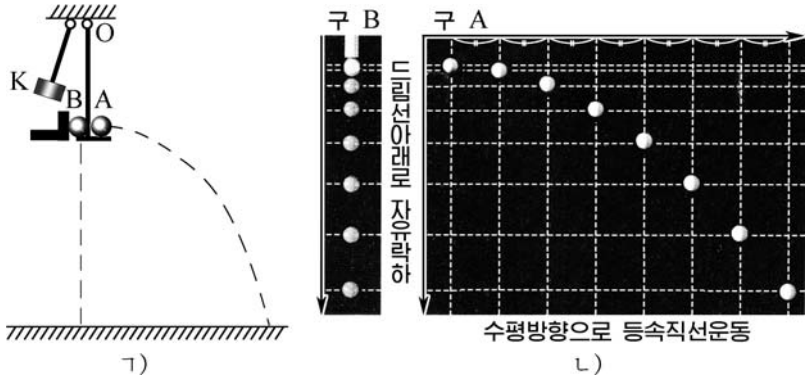



그림 11-5. 수평으로 던진 물체의 운동

그림 11-5에서 보는것처럼 수평으로 던진 물체는 수평방향으로는 관성에 의한 등속직선운동을 하고 드림선방향으로는 중력에 의한 선운동을 한다.

처음속도를 v_0, t시간후의 속도 v의 x성분과 y성분을 각각 v_x, v_y라고 하면(그림 11-6)

$$v_x = v_0$$

$$v_y = gt$$

그림 11-6. 수평으로 던진 물체의 운동

t시간후의 자리를 각각 x, y라고 하면 $x = v_0t$, $y = \frac{1}{2}gt^2$

우의 식들에서 t를 없애면

$$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2 \quad \text{(포물선방정식)}$$

수평으로 던진 물체의 운동자리길은 포물선이다.(그림 11-6)

수평으로 운동한 거리 l는 다음과 같다.(그림 11-7)

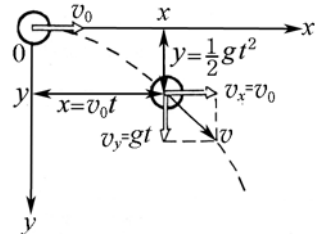
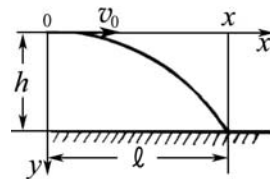



그림 11-7. 수평으로 운동한 거리

$$l = v_0t = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

3. 각을 지여 던진 물체의 운동

수평면에 대하여 각을 지어던진 물체의 운동은 관성에 의한 수평방향의 등속직선운동과 드림선방향의 중력에 의한등가속직선운동의 합성운동이다.

그림 11-8. 각을 지어던진 물체의 운동

그림 11-8과 같이 자리표를 정하고 처음속도 v_0 을 수평방향의 속도 v_{0x} 와 드림선방향의 속도 v_{0y} 로 분해하면

처음속도는

$$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\alpha$$

수평방향으로 옮겨간 자리 x 는

$$x = v_{0x}t \qquad \text{또는} \qquad x = v_0 \cos\alpha\, t$$

드림선방향으로 옮겨간 자리 y 는

$$y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \qquad \text{또는} \qquad y = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{1}{2}gt^2$$

자리길방정식은 다음과 같이 포물선으로 된다.

$$\boxed{y = \tan\alpha\, x - \frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2}$$

$\alpha = 45°$ 일 때 $\sin 2\alpha = 1$ 이므로 물체가 가장 멀리 간다.

$\alpha = 45°$ 로 던진 물체가 날아간 최대수평거리는

$$L_0 = \frac{v_0^2}{g}$$

탄도곡선

앞에서 본 운동은 공기의 저항을 생각하지 않았을 때이다.

공기속에서 운동하는 물체는 공기의 저항력때문에 자리길의 모양이 포물선과 다르다.

그림 11-9. 진공속에서의 운동자리길과 탄도곡선의 비교

공기속에서 총알이나 포탄과 같은 물체의 운동자리길을 **탄도곡선**이라고 부른다.(그림 11-9)

제4절. 만유인력과 중력

1. 만유인력법칙

모든 물체들사이에 서로 끌어당기는 힘을 **만유인력**이라고 부른다.

만유인력의 크기는 두 물체의 질량을 곱한것에 비례하고 물ㄴ체들사이의 거리의 두제곱에 거꿀비례한다. 이것을 만유인력법칙이라고 부른다.

$$F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

비례결수 G를 만유인력상수라고 부른다. 그 값은 다음과 같다.

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \mathrm{N \cdot m^2/kg^2}$$

2. 지구의 만유인력-중력

지구와 물체사이의 만유인력에 의하여 지구가 물체를 끌어당기는 힘이 중력이다.

지구의 질량을 M, 반경을 R라고 하면 지구겉면우에 있는 질량이 m인 물체에 작용하는 중력의 크기는

$$F_{중} = G\frac{mM}{R^2} = mg$$

중력가속도는 $g = G\frac{M}{R^2}$

지구겉면으로부터 h만 한 높이에 있는 물체에 작용하는 중력은

$$F_h = G\frac{mM}{(R+h)^2} = mg_h$$

$$g_h = G\frac{M}{(R+h)^2}$$

여기서 g_h는 h만 한 높이에서의 중력가속도이다.

지구겉면으로부터 높아질수록 중력(또는 중력가속도)이 작아진다.

3. 물체의 무게와 그 변화

1) 물체의 무게와 중력

물체에 중력이 작용하기때문에 물체가 그것을 매단 물체를 당기거나 또는 그것을 받들고 있는 물체를 누르는 힘을 물체의 무게라고 부른다.

중력과 무게는 작용점이 다른 물체에 있으므로 서로 구별되는 힘이다.

물체가 멎어있거나 등속직선운동할 때에는 무게가 중력 mg 와 크기가 같다.

2) 무게의 변화

① 물체가 중력가속도 g 와 반대방향의 가속도 a 로 운동하는 경우에는 무게가 중력보다 ma 만큼 크다.

$$W = mg + ma = m(g + a)$$

② 물체가 중력가속도 g 와 같은 방향의 가속도 a 로 운동하는 경우에는 무게가 중력보다 ma 만큼 작다.

$$W = mg - ma = m(g - a)$$

특히 $a = g$ 이면 $W = 0$ 이다. 이런 경우를 **무중력상태**(또는 무게없는 상태)라고 부른다.

제5절. 관성힘

1. 관성계와 비관성계

뉴톤의 운동법칙이 만족되는 계를 **관성계**라고 부르고 뉴톤의 운동법칙이 만족되지 않는 계를 **비관성계**라고 부른다.

가속운동하는 기준계는 모두 비관성계이다.

례: 기차가 갑자기 떠나거나 멎을 때 기차바닥에 놓여있는 구가 뒤로 또는 앞으로 굴러간다. 기차가 굽인돌이를 돌 때에는 구가 원밖으로 굴러간다. 뉴톤의 제2법칙에 의하면 물체에 힘이 작용하

여야 그의 운동상태가 변한다. 그러나 기차에 탄 사람은 구에 아무런 힘이 작용하지 않았는데도 구가《저절로》뒤로, 앞으로 또는 원밖으로 운동하므로 가속운동하는 계에서는 뉴톤의 운동법칙이 성립되지 않는다고 본다. 이런 기준계가 비관성계이다.

2. 관성힘

가속운동하는 계에서 구의 운동상태를 변화시키는 어떤 힘이 작용한도고 가정하면 가속운동하는 계에서도 뉴톤의 제2법칙이 성립하도록 할수 있다.

가속운동하는 계에서도 뉴톤의 제2법칙이 성립하도록 하기 위하여 끌어들인 가상적인 힘을 **관성힘**이라고 부른다.

관성힘은 두 물체사이에 서로 주고받는 실제적인 힘이 아므로 작용과 반작용에 대하여 말할수 없다.

관성힘의 방향은 가속운동하는 기준계의 가속도방향과 반대로 향한다.

관성힘의 크기

① 직선가속계에서의 관성힘

$$F_{관} = -ma$$ (a는 비관성계의 가속도이다.)

례: 뻐스가 떠날 때 사람의 몸이 뒤로, 멎을 때 앞으로 쏠리는 것은 사람이 관성힘을 받기때문이다. 우로 가속할 때 물체의 무게가 커지고 아래로 가속할 때 작아지는것도 물체가 관성힘을 받기때문이다.

② 회전가속계에서의 관성힘

회전기준계에 있는 물체에 작용하는 관성힘을 **관성원심력** 또는 **원심력**이라고 부른다.

원심력은 원의 반경을 따라 멀어지는 방향을 향하며 그의 크기는 향심력의 크기와 같다.

$$F_{원} = m\frac{v^2}{R} = m\omega^2 R$$

뻐스를 타고 굽인돌이를 돌 때 사람의 몸이 원밖으로 쏠리는것은 사람이 원심력을 받기때문이다.

3. 원심현상과 그 리용

회전기준계안에서 물체가 원심력을 받아서 중심으로부터 멀어지는 현상을 **원심현상**이라고 부른다.

원심현상은 기술에서 널리 리용된다.

례: 원심뽐프, 원심주조, 원심건조기, 원심속도조절기, 원심분리기 등등

제6절. 인공위성과 우주속도

1. 인공위성

우리 나라에서는 주체87(1998)년 8월 31일 처음으로 자체의 힘과 기술로 다계단운반로케트를 만들어 인공지구위성 《광명성1호》를 쏴올리는데 성공하였다. 그후 주체98(2009)년 4월 5일 또다시 우리의 지혜와 힘에 의하여 만든 다계단운반로케트 《은하-2호》에 의하여 인공지구위성《광명성2호》를 자기 궤도에 정확히 진입시키는데 성공하였다.

지구둘레를 돌수 있게 사람이 만들어 띄운 장치(천체)를 **인공지구위성**(간단히 **인공위성**)이라고 부른다.

인공위성이 지구둘레를 계속 돌아가게 하려면 수평방향의 처음속도가 커서 던진 물체의 자리길이 굽어드는 정도가 지구겉면이 굽어든 정도와 같게 하면 된다.(그림 11-10)

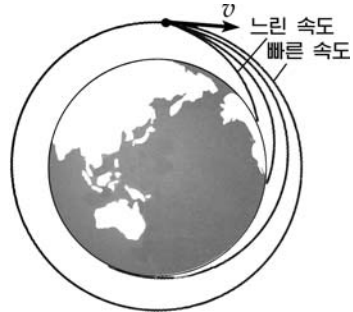



그림 11-10. 인공위성으로 되는 리치

2. 우주속도

인공위성이 지구둘레에서 원운동을 하기 위한 속도를 구하여보자.

지구반경을 R, 인공위성의 높이를 h, 높이 h에서의 중력가속

도를 g_h 라고 하면 지구의 중력이 인공위성을 돌아가게 하는 향심력으로 되므로

$$mg_h = m\frac{v^2}{R+h}$$

으로 된다.

높이 h 를 지구반경 R 에 비하여 무시할수 있을 때 $R+h \approx R,\ \ g_h \approx g$ 로 되므로

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{9.8 \times 6.4 \times 10^6} \approx 8(\text{km/s})$$

즉 물체를 수평방향의 처음속도 $v_0 = 8\text{km/s}$ 로 던지면 지구겉면가까이에서 원자리길을 따라 도는 인공위성으로 된다.

제1우주속도: 인공위성이 지구둘레에서 원운동하기 위한 속도인 8km/s

제2우주속도: 물체가 지구의 끌힘을 이겨내고 지구를 벗어나 태양둘레를 도는 인공행성으로 되기 위한 속도인 11.2km/s

제3우주속도: 태양의 끌힘을 이겨내고 태양계밖의 우주공간으로 날아가게 하는 속도인 16km/s

※ 높이 h 를 무시할수 없는 경우의 인공위성의 속도는

$$v = R\sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

로 된다.

우주속도에 따르는 자리길의 모양은 그림 11-11과 같다.

그림 11-11. 우주속도와 자리길

3. 인공위성안에서의 무중력상태

인공위성은 회전운동하는 비관성계이므로 위성안에 있는 물체에는 원심력이 작용한다. 이 원심력은 향심력(또는 중력)과 크기는 같고 방향이 반대이므로 위성안의 물체에는 무게가 없어진다. 즉 무중력상태로 된다.

제7절. 마찰력을 받는 물체의 운동

1. 수평면에서의 운동

그림 11-12. 수평면에서 운동하는 물체가 받는 힘

수평면에서 미끄러지는 물체에 작용하는 힘들은 그림 11-12와 같다.

그림에서 중력 P 와 맞선힘 N 은 비기는 힘이므로 물체의 운동에 영향을 주지 않는다.

그리고 물체의 무게(면을 수직으로 누르는 힘 $F_\perp$)에 의하여 미끄럼마찰력($F_{미} = \mu F_\perp = \mu m g$)이 작용한다. 그러므로 가속도는 다음과 같다.

$$a = \frac{F - F_{마}}{m} = \frac{F - \mu m g}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$$

외부힘 $F = 0$ 이면 $a = -\mu g$ 이므로 운동방향과 반대방향으로 향한 가속도때문에 관성에 의하여 운동하던 물체는 등감속운동을 하다가 멎는다.

2. 경사면에서 운동

1) 경사면을 따라 물체를 끌어올릴 때

물체에 작용하는 힘들은 그림 11-13과 같다. 그림에서

$$P = mg\sin\alpha$$

$$F_{마} = \mu P_\perp = \mu mg\cos\alpha$$

그림 11-13. 경사면으로 올라가는 물체가 받는 힘

경사면을 따라 등속으로 올라가는 물체에 주어야 할 외력은

$$F = P + F_{마} = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

이때 견인력이 이 힘보다 더 크면 가속운동을 한다. 이때 가속도의 크기는 다음과 같다.

$$a = \frac{F - (P + F_{마})}{m} = \frac{F}{m} - g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

2) 경사면을 따라 물체를 끌어내릴 때

P 방향과 $F_{마}$의 방향은 반대로 된다. (그림 11-14) 따라서 가속도는

$$a = \frac{F + P - F_{마}}{m} =$$

$$= \frac{F}{m} + g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

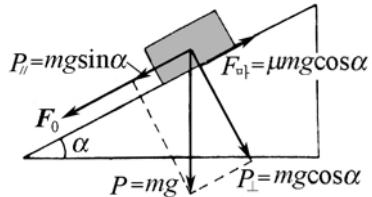



그림 11-14. 경사면으로 내려가는 물체가 받는 힘

3. 마찰력을 받는 물체의 력학적에네르기의 변화

마찰력을 받으면 물체의 력학적에네르기가 보존되지 않는다.

물체가 마찰력을 극복하면서 일정한 거리를 이동할 때 마찰력은 항상 운동방향과 반대이므로 마찰력이 하는 일은 －값을 가지므로 일한것만큼 력학적에네르기가 감소된다.

$$A = E_2 - E_1 < 0$$

마찰력을 받으면서 운동하는 물체의 력학적에네르기는 마찰을 극복하면서 일한것만큼 작아지며 이때 소비한 력학적에네르기는 내부에네르기로 넘어간다.

제8절. 충돌

1. 직충돌

한 직선우에서 두 물체가 충돌하는것을 **직충돌**이라고 부른다.

두 물체가 충돌할 때 운동량보존의 법칙이 성립된다.

질량이 각각 m_1, m_2이고 속도가 v_1, v_2인 두 물체가 충돌할 때 충돌후 두 물체의 속도를 v_1', v_2'라고 하면

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

두 물체가 충돌할 때 력학적에네르기가 보존되는 충돌을 **퇸성 충돌**이라고 부르며 력학적에네르기가 보존되지 않는 충돌을 **비퇸성**

충돌이라고 부른다.

튐성충돌에서는 $$\frac{1}{2}m_1v_1+\frac{1}{2}m_2v_2=\frac{1}{2}m_1v_1'+\frac{1}{2}m_2v_2'$$

만일 두 물체의 질량이 갈다면 다음 식이 성립된다.

$$v_1'=v_2',\qquad v_2'=v_1'$$

이때 두 물체는 서로 속도를 바꾼다.

충돌후에 한덩어리가 되여 운동하는것을 **완전비튐성충돌**이라고 부른다.

이때 력학적에네르기는 보존되지 않지만 운동량보존의 법칙은 성립된다.

$v_1'=v_2'=v$ 라는 조건으로부터 충돌후의 속도를 구하면 다음과 같다.

$$v=\frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}$$

2. 빗충돌

한 직선우에서 일어나지 않는 충돌을 **빗충돌**이라고 부른다.

그림 11-15와 같이 v_0의 속도로 운동하던 어떤 튐성구가 멎어있는 질량이 같은 다른 튐성구와 충돌(튐성충돌)하여 속도가 각각 v_1, v_2로 되였을 때 운동량보존의 법칙과 에네르기보존법칙에 의하여 속도에 대한 다음과 같은 벡토르식을 얻는다.

그림 11-15. 튐성구의 빗충돌

$$v_1+v_2=v_0$$

작은 튐성구가 움직이지 않는 무거운 물체의 겉면에 충돌하여 튀여나갈 때에는 충돌전과 충돌후의 속도의 크기는같으며 겉면으로 들어오는 각도와 반발되는 각도가 같다. 즉 $v'=v$ (그림 11-16)

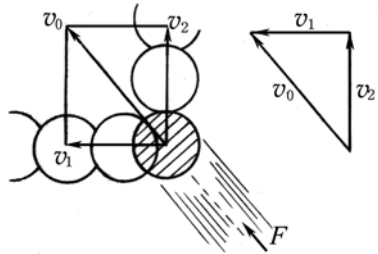
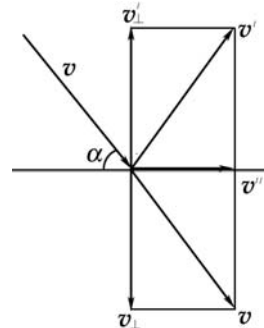



그림 11-16. 튐성구의 반발

례: 탁구공이 탁구판에서 튀여나는 현상 또는 당구공이 둘레의 반사벽에서 튀여나는 현상

3. 충돌결수(반발결수)

충돌에는 완전튐성충돌도 아니고 완전비튐성충돌도 아닌 비튐성충돌도 있다.

례: 마루바닥에 공을 떨구면 튀여오르는 높이가 훨씬 작아진다. 이것은 충돌전후에 속도가 같지 않기때문이다.

충돌전후의 속도의 비를 충돌결수(또는 반발결수)라고 부른다. 그림 11-17과 같이 h만한 높이에서 공을 떨굴 때 바닥에 닿는 순간의 속도를 v, 튀여오르는 순간의 속도를 v', 튀여오르는 높이를 h'라고 하면 충돌결수는 다음과 같다.

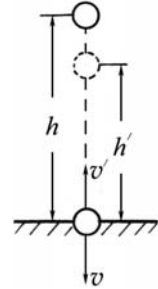



그림 11-17. 비튐성충돌

$$e=\frac{v'}{v}=\frac{\sqrt{2gh'}}{\sqrt{2gh}}=\sqrt{\frac{h'}{h}}$$

이 값은 0과 1사이에 있다.($0\le e\le 1$)

충돌결수의 값은 충돌하는 물질의 재질에 의하여 결정되며 충돌이 튐성충돌에 얼마나 가까운가를 나타낸다.

$e=1$이며 튐성충돌이고 $e=0$이면 완전비튐성충돌이다.

제9절. 전기마당과 자기마당속에서 대전립자의 운동

1. 고른전기마당속에서 대전립자의 운동

1) 멎어있던 대전립자의 운동

멎어있는 대전립자(례하면 전자)가 전기마당에서 전기힘을 받아 얻게 되는 속도의 크기를 따져보자.

그림 11-18가 같이 전위차가 U 인 고른전기마당속에서 전기량이 q 인 립가 한 극판에서 다른쪽 극판으로 이동할 때 전기힘이 한 일 qU 가 대전립자의 운동에네르기로 넘어가므로 $\frac{1}{2}mv^2 = qU$ 이고 속도는 다음과 같다.

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

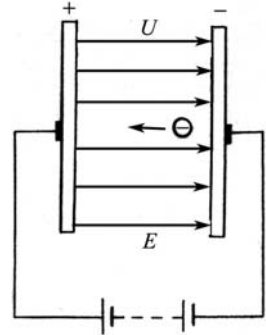



그림 11-18. 고른전기마당속에서 대전립자의 등가속운동

2) 전기마당에 수직인 방향으로 들어오는 대전립자의 운동

그림 11-19와 같이 전기량이 q인 전자가 세기가 $E=U/q$인 고른전기마당에 수직인 방향으로 들어오면 전기힘 $f=qE$를 받으므로 처음운동방향을로는 관성에 의한 등속직선운동으라 하고 전기마당과 반대방향으로는 처음속도가 령인 등가속운동을 한다. 즉 수평으로 던진 물체의 운동처럼 곡선운동을 한다.

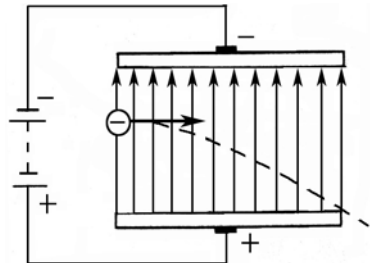



그림 11-19. 고른전기마당에 수직으로 들어오는 대전립자의 운동

3) 전자선관

전기마당속에서 대전립자의 운동을 리용하여 전자선관을 만든다.

전자선관은 전자총, 편향전극, 형광판으로 이루어졌다.(그림 11-20)

전자총에는 열전자를 방출하는 음극, 전자들을 가속시키는 가속양극이 있다.

음극에서 튀여나온 열전자들은 가속양극과 음극사이의 전기마당에 의하여 가속된다.

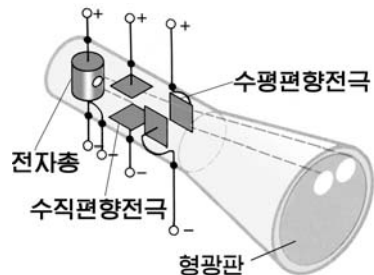



그림 11-20. 전자선관의 구조

이 전자들이 편향전극속에 들어오면 전기마당방향과 전자의 운동방향이 수직이므로 포물선운동을 하다가 여기를 벗어나올 때의 속도로 등속직선운동을 하여 형광판에 부딪쳐 밝은 점을 나타낸다. 전자들이 기울어지는 정도는 편향전극에 걸어준 전기마당의 세기에 비례하므로 편향전극에 걸어준 전압을 변화시켜 전자들이 형광판에 부딪치는 자리를 마음대로 옮길수 있다.

2. 고른자기마당속에서 대전립자의 운동

1) 자기마당에 수직으로 들어온 대전립자의 운동

자기마당속에서 자기마당에 수직으로 운동하는 대전랍자는 운동바향에 수직인 로렌쯔힘 $f=qvB$를 받아 립자의 속도의 크기는 변화되지 않고 방향만 변화된다. 그러므로 대전랍자는 처음속도와 같은 크기를 가지고 로렌쯔힘을 향심력으로 하는 등속원운동을 하게 된다.(그림 11-21)

그림 11-21. 고른자기마당에 수직으로 들어온 대전립자의 운동

대전립자의 질량을 m, 회전반경을 r 라고 하면 $mv^2/r=qvB$ 이므로

$$r=\frac{mv}{qB}$$

고른자기마당속에서 등속원운동을 하는 대전랍자의 회전반경은 립자의 운동속도에 비례한다.대전립자의 회전주기는

$$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$$

고른자기마당속에서 등속원운동하는 대전립자의 주기는 회전반경과 운동속도의 크기에 관계되지 않는다.

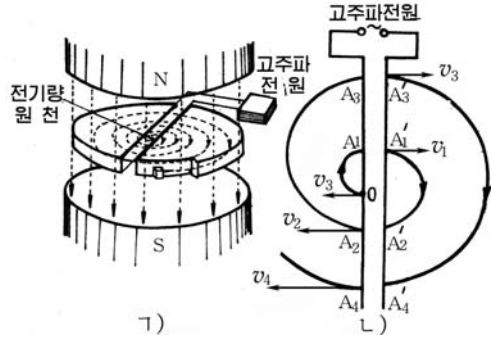
2) 회전가속기(싸이클로트론)

대전립자의 주기가 회전반경과 속도의 크기에 관계되지 않는 성질을 리용하여 대전립자의 속도를 가속시키는 회전가속도를 만든다.

회전가속기의 원리는 다음과 같다.(그림 11-22)

그림과 같이 고른자기마당속의 O점에 대전립자가 v_0의 속도로 수직으로 들어와 등속원운동을 하게 된다. 회전운동하는 립자의 주기와 같은 주기를 가진 고주파전기마당을 AA′에 걸어주면 대전립자가 이 전기마당에서 가속되여 속도가 커지고 자리길반경도 커진다. 이런 과정을 여러번 거치면 가속된 대전립자가 외부로 나가게 된다.

그림 11-22. 회전가속기

[련습문제]

1. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

   수평인 철길을 따라 v_1의 속도로 직선운동하는 기차안에서 물체를 v_2의 속도로 드림선우로 던졌다. 물체의 운동자리길은 기차에 대하여서는 ☐이고 땅에 대하여서는 ☐모양으로 된다. 물체가 최고높이에 이르렀을 때의 속도는 기차에 대하여 ☐이고 땅에 대하여 ☐이며 던지는 처음속도는 기차에 대하여 이고 땅에 대하여서는 ☐이다.

   풀이방향. 운동의 상대성, 운동의 합성에 대하여 생각하여라. 기차를 기준물체로 하면 물체는 곧추 올라갔다가 던진 자리에 떨어지며 땅을 기준물체로 하면 v_1에 의한 수평방향의 운동과 v_2와 중력에 의한 드림선방향의 등가속운동의 합운동을 한다는것을 생각하여라.

2. 흐르지 않는 물에서 0.5m/s의 속도로 갈수 있는 배로 0.3m/s의 속도로 흐르는 강을 그 흐름방향에 수직으로 곧바로 건너가려고 한다. 배의방향을 어떻게 잡아야 하는가? 강의 너비가 80m라면 강을 건너가는데 걸리는 시간은 얼마인가?

   풀이방향. 강을 곧바로 건너가는 배의 합운동속도를 구하고 배의 전진속도의 방향과 강을 건너가는데 걸리는 시간

을 계산하여라.

(**답**. 강의 흐름방향에 수직인 방향에 따라 상류방향으로 약 36°, 200s=3min20s)

3. 흐르지 않는 물에서 v_1의 속도로 전진할수 있는 배로 흐름속도가 v_2인 강을 건느려고 한다. 배의 방향을 어떻게 잡아야 제일 짧은 시간에 건너가겠는가?

풀이방향. 배의 속도 v_1와 합운동의 속도 v를 각각 강의 흐름방향과 강폭방향으로 분해하고 강을 건너가는데 걸리는 시간을 구하는 식을 쓰고 따져보아라.

(**답**. 강의 흐름에 수직인 방향)

4. 직경이 60cm인 바퀴를 단 자동차의 바퀴의 회전수가 $8s^{-1}$일 때 자동차의 속도는 얼마인가?

풀이방향. 바퀴가 땅에 닿는 점의 선속도가 자동차의 속도로 된다는것을 생각하고 원운동의 선속도공식을 리용하여라.

(**답**. 약 15m/s 또는 약 54km/h)

5. 눈이나 열음이 깔린 도로의 굽인돌이에서 자동차가 큰 속도로 달리는것은 매우 위허하다. 왜 그런가?

풀이방향. 속도가 클수록 향심력(또는 원심력)도 커야 하는대 이때 향심력은 자동차바퀴와 도로사이의 정지마찰력에 의하여 보상된다는것을 생각하여라.

6. 자전거선수가 굽이반경이 100m인 도로에서 넘어지지 않기 위해 드림선과 이루는 각이 얼마되게 몸을 기열여야 하며 고무와 길바닥사이의 마찰결수가 0.4일 때 최대로 달릴수 있는 속도는 얼마인가?

풀이방향. 향심력이 중력과 맞서힘의 합력으로 이루어지며 이 힘이 고무와 길바닥사이의 마찰력에 의하여 보장된다는것을 생각하여라. 뭄을 기울이는 각은 그림 11-23에서 $\tan\alpha = F/P$임을 리용하여라.

(**답**. 약 20m/s, $\alpha = 22°$)

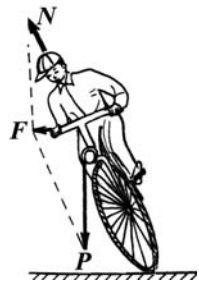



그림 11-23

7. 반경이 R인 철길의 굽인돌이에서 속도 v로

달리는 기차가 안전하게 달리려면 바깥철길을 얼마만큼 높여야 하겠는가? 바퀴사이의 거리는 d 이다.

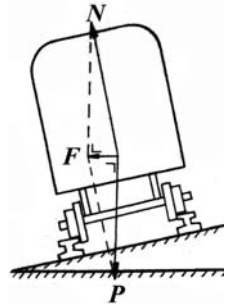
풀이방향. 그림 11-24에서처럼 바깥쪽레루를 h 만큼 노이면 기차에 작용하는 중력 $\boldsymbol{P}$ 와 맞선힘 $\boldsymbol{N}$ 의 합력 $\boldsymbol{F}$ 가 향심력으로 된다는것을 생각하여라. $F=\dfrac{mv^2}{R}$ 이고 $P=mg$ 이며 $\dfrac{h}{d}=\dfrac{F}{P}$ 로 된다는것을 리용하여라.

(**답.** 약 $h=\dfrac{dv^2}{gR}$)

그림 11-24

8. 그림 11-25와 같이 작은 철구가 드림면에서 원자리길을 딸 돌고있다. 원자리길의 맨 꼭대기점에서 구가 떨어지지 않으려면 철구는 얼마만한 높이에서 굴러내려야 하겠는가? 원자리길의 반경은 R 이고 마찰은 없다고 보아라. 원자리길의 맨 밑점에서 구의 무게는 얼마인가?

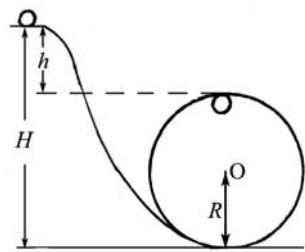



그림 11-25

풀이방향. 구가 꼭대기점에서 떨어지지 않으려면 이 점에서의 향심력(또는 원심력)이 중력보다 작지 말아야 한다. 한편 에네르기보존의 법칙으로부터 이 점에서 다음관계가 있다는것을 리용하여라. $mgh=\dfrac{1}{2}mv^2$

(**답.** $H>2.5R$, $6mg$)

9. 1kg이상의 짐을 매달면 끊어지는 실에 100g의 추를 매고 실의 길이를 1m 되게 하여 드림축둘레로 휘루를 때 회전수를 얼마로 하면 실이 끊어지겠는가? 이때 추와 실이 수평면에서 회전한다고 보아라.

풀이방향. 추에 작용하는 향심력(또는 원심력)이 실의 장력보다 커지면 실이 끊어진다는것을 생각하여라.

10. 높이가 45m되는 바다가의 벼랑에서 수평방향으로 40m/s의 속도로 질량이 300g인 돌을 던졌더니 바다면에 떨어졌다. 돌의 변위와 바다면에 떨어질 때의 운동량을 구하여라.($g=10m/s^2$으로 계산하여라.)

풀이방향. 변위의 크기는 드림선방향의 변위와 수평방하의 변위의 벡토르합으로 구할수 있고 속도는 수평방향의 속도와 드림선방향의 합성속도라는것을 생각하여라.

(**답**. 약 128m, 약 1.5kg·m/s)

11. 어떤 호수가의 산꼭대기에서 300m/s의 수평속도로 쏜 총알이 호수면에 45° 의 각도로 떨어졌다. 총을 쏜 자리는 호수면보다 얼마나 높은가?

풀이방향. 총알이 호수면에 떨어질 때의 속도를 수평성분과 드림선방향의 성분으로 분해하고 따져보아라.

(**답**. 4591.8m)

12. 높이가 14.7m인 탑꼭대기에서 19.6m/s의 속도로 수평면에 대하여 30° 의 각으로 던진 물체는 몇s후에 탑아래로부터 몇 m의 지점에 떨어지겠는가?

풀이방향. 각을 지어 던진 물체가 드림선방향으로 옮겨간 자리를 표시하는 식($y=v_{0y}t-\frac{1}{2}gt^2$)에서 시간 t를 구하고 수평거리를 계산하여라.

(**답**. 3s, 약 50.8m)

13. 임의의 속도로 던진 물체의 최대셔평거리는 이때의 최고점 높이의 4배라는것을 증명하여라.

풀이방향. 던진 물체의 최대수평거리는 수평면에 대하여 45° 의 각으로 던져야 한다는것을 생각하고 최대수평거리와 최고점높이를 구하고 그의 비를 따져보아라.

14. 지구를 완전한 구로 생가가고 그 둘레가 $2\pi R=4\times10^7m$, 평균밀도가 5.5×10³kg/m³, 중력가속도가 $g=9.8m/s^2$라는것을 리용하여 만유인력상수를 계산하여라.

풀이방향. 만유인력법칙에서 만유인력상수를 계산하여라. 지구의 질량은 평균밀도와 체적을 곱한 값과 같다는것을 생각하여라.

(**답**. 약 $6.67\times10^{-11}Nm^2/kg^2$)

15. 지구중심과 달중심사이의 거리는 지구반경의 60배이고 달의 질량은 지구질량의 1/81이다. 지구중심과 달중심을 련결하는 직선상에서 똑같은 힘으로 지구와 달에 끌리는 자리를 구하여라.

풀이방향. 달중심으로부터 $F_{달}=F_{지}$인 자리까지의 거리를 x라고 하면 이 자리에서 지구중심까지의 거리는 $(60R-x)$이고(그림 11-26) 달의 질량은 $M_{달}=\frac{M_{지}}{81}$임을 리용하

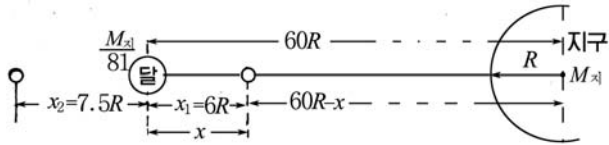



그림 11-26

여 만유인력법칙으로부터 $F_{달}$과 $F_{지}$를 구하여 같기식으로 표시하면 방정식 $(60R-x)^2=81x^2$을 얻는다. 이 방정식에서 x를 구하여라.

(**답**. 지구와 달사이에서는 달중심으로부터 지구반경의 6배($x_1=6R$) 달에서 지구의 반대쪽으로 지구반경의 7.5배($x_2-7.5R$)되는 자리)

16. 질량이 5kg인 물체를 바줄에 매달았다. 다음과 같은 경우 바줄의 장력을 구하고 무게의 변화를 설명하여라.

ㄱ) 멎어있을 때

ㄴ) 2m/s의 속도로 올라갈 때와 내려올 때

ㄷ) $2m/s^2$의 가속도로 올라갈 때와 내려올 때

ㄹ) 자유락하할 때

풀이방향. 매 경우에 뉴톤의 제2법칙을 리용하여 장력을 구하여라. 무게와 장력이 작용과 반작용이라는것을 생각하여라.

(**답**. ㄱ) 49N, ㄴ) 49N, 49N
ㄷ) 59N, 39N, ㄹ) 0)

17. 책상우에 있는 종이장우에 비여있는 잉크병이 놓여있다. 종이를 천천히 잡아끌면 잉크병도 함께 움직이지만 종이를 $4m/s^2$의 가속도로 잡아채면 잉크병은 제자리에 남는다. 종이와 잉크병사이의 마찰곁수를 구하여라. 만일 잉크병에 잉크가 가득

차있다면 어떻게 되겠는가?

풀이방향. 직선가속계에서 운동하는 관성힘을 생각하여라. 관성힘이 마찰력보다 클 때 와 작을 때 어떤 결과가 얻어지겠는가를 따져보아라.

(**답.** 약 0.4잉크가 가득 차있어도 같은 결과가 일어난다.)

18. 5m/s^{2}의 가속도로 수평으로 달리는 차안에 길이가 1m인 흔들이를 매달면 흔들이는 드림선방햐으로부터 얼마나 기울어지겠는가? 만일 흔들이를 흔들었다면 그 주기는 얼마로 되겠는가?

풀이방향. 흔들이추에 작용하는 관성힘과 중력의 합력(실의 장력)의 방향이 실의 방향이라는것을 생각하여라. 흔들이주기는 주기공식에서 중력가속도(9.8m/s^2)대신에 걸보기중력가속도를 갈아넣고 계산하여라.

(**답.** 약 27°, 약 1.88s)

19. 72km/h의 속도로 반경 100m의 원자리길을 따라 달리는 렬차안에서 물체의 걸보기무게는 어떻게 되겠는가?

풀이방향. 관성원심력과 중력의 합력이 걸보기무게로 된다는것을 생각하여라.

(**답.** 중력보다 8% 커진다.)

20. 튐성결수가 k이고 길이가 l_0인 용수철의 한끝에 질량이 m인 물체를 매달고 다른 끝을 중심으로 ω의 각속도로 돌릴 때 용수철의 길이는 얼마로 되겠는가? 이때 중력의 영향은 무시한다.

풀이방향. 물체에 작용하는 용수철의 튐성과 원심력이 비긴다는것을 생각하여라.

21. 질량이 200kg인 인공위성이 땅으로부터 850km의 높이에서 지구둘레를 원운동하고있다. 지구반경은 6400km이고 지구걸면에서의 중력가속도는 98m/s^{2}이다. 이 위성의 공전속도, 주기, 향심력의 크기를 구하여라.

풀이방향. 땅으로부터의 높이를 무시할수 없는 경우 인공위성의 속도공식을 리용하여 속도를 구하고 그 값을 리용하여 주기와 향심력을 계산하여라.

(**답.** 약 7.44km/s, 1.7h, 1.53×10^{3}N)

22. 지구로부터 먼 원자리길을 따라 운동하는 인공위성일수록 속도,

주기, 향심력이 어떻게 달라지겠는가?

풀이방향. 인공위성의 속도, 주기, 향심력을 구하는 식을 이끌어내고 그의 물리적의미를 따져보아라.

23. 수평길에서 10m/s의 속도로 달리던 자동차가 발동을 끈 다음 등감속운동하여 멎었다. 마찰결수가 0.05라면 자동차의 가속도, 멎을 때가지 운동한 시간, 멎을 때까지 운동한 거리를 구하여라.

풀이방향. 수평면에서 운동하는 물체를 끄는 힘이 령일 때의 가속도를 생각하여라.

(**답.** $0.49m/s^2$, 약 20.4s, 약 102m)

24. 질량이 100g, 150g인 추를 가벼운 실의 량끝에 매달고 고정도르래에 걸어놓았다. 잡고있던 손을 떼면 1s후의 속도와 운동한 거리를 구하여라. 도르래에서의 마찰력은 0.3N이다.

풀이방향. 계전체에 작용하는 힘과 질량을 따져 가속도를 구하고 속도와 거리를 계산하여라.

(**답.** 0.76m/s, 38cm)

25. 경사각이 $\alpha=30°$ 인 경사면우에 그림 11-27과 같이 놓여있는 질량이 $m_1=6kg$ 인 물체가 질량이 $m_2=5kg$ 인 물체와 도르래를 거쳐 줄로 련결되여있다. 물체와 경사면사이의 마찰결수가 $\mu=0.3$ 이라면 물체의 가속도와 실의 장력은 얼마인가?

풀이방향. 그림 11-28에서 보는것처럼 질량이 m_1 인 물체는 $T-(P+F_{마})$ 에 의하여 가속운동하고 질량이 m_2 인 물체는 m_2g-T 에 의하여 가속운동한다는것을 생각하면서 여기에 뉴톤의 제2법칙을 적용하여라.

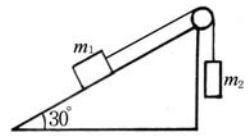



그림 11-27

(**답.** $0.39m/s^2$, 47N)

26. 경사각이 30° 인 거치른 경사면에 물체를 놓고 2m/s의 처음속도를 주어 경사면을 따라 미끄러져 올라가게 하였다. 이 물체가 다시 떠나 자리에 되돌아올 때까지 걸리는 시간을 구하여라. 미끄럼마찰결수는 0.3이다.

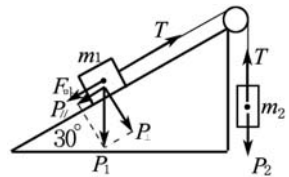



그림 11-28

풀이방향. 물체가 올라갈 때와 내려올 때 물체를 가속(또는 감속)시키는 힘을 찾고 가속도를 구한 다음 등가속운동의 속도 및 거리공식을 리용하여 올라갈 때 걸리는 시간과 내려올 때 걸리는 시간을 구하여 더하여라.

(**답.** 약 0.75s)

27. 수평면우에 멎어있는 질량이 M 인 물체 A에 질량이 m 인 다른 물체 B가 수평면을 따라 v 의 속도로 충돌하였다. 그후 두 물체는 한 덩어리가 되여 l 만큼 운동한 다음 멎었다. 수평면의 마찰결수를 구하여라.

풀이방향. 충돌전후에 운동량보존법칙이 성립하며 충돌후 두 물체의 운동에네르기는 마찰력을 극복하는 일에 소비된다는것을 생각하여라.

(**답.** $\mu=\dfrac{m^2v^2}{2gl(M+m)^2}$)

28. 질량이 100g인 공을 땅으로부터 2m의 높이에서 10m/s의 처음속도로 올려던졌더니 땅에 떨여졌다가 다시 5m까지 튀여올랐다. 이 공의 충돌결수와 땅에 충돌할 때 잃어버린 에네르기를 구하여라.

풀이방향. 최고높이(H)까지 올라갔을 때와 튀여오른 높이(h_1) 에서의 공의 자리에네르기차를 구하고 충돌결수 $e=\sqrt{\dfrac{h_1}{H}}$ 를 계산하여라.

(**답.** $e=0.84$, $\Delta E=2.06$J)

29. 수평인 마루바닥우에 45° 경사진 평판이 고정되여있다. 공을 떨어뜨려 마루바닥으로부터 1m높이에서 이 평판과 충돌하여 튀여나서 떨어지는 점이 이 평판과 바닥이 맞닿은 점으로 되게 하려면 공을 얼마만한 높이에서 떨어뜨려야 하는가? 공을 튐성충동을 하며 떨어뜨리는 처음속도는 령이다.

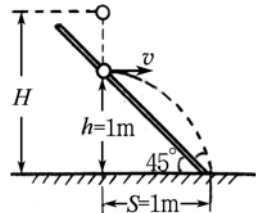



그림 11-29

풀이방향. 그림 11-29에서 보는것처럼 공의 충돌은 튐성충돌이므로 충돌후 속도는 수평방향

이고 충돌후 떨어지는 높이와 수평거리는 같다는것을 생각하여라.

(**답**. 1.25m)

30. 전자선관에서 전자묶음이 전우차가 $U=5\text{kV}$ 인 전기마당에 의하여 가속되여 길이가 $l=5\text{cm}$ 인 수직편향판사이의 공간에 들어선다. 극판사이의 전기마당의 세기는 $E=40\text{kV/m}$ 이다. 극판사이의 공간에서 벗어져나온 다음의 전자선묶음의 편향거리를 구하여라.

풀이방향. 전자총에서 가속된 전자가 편향판의 전기마당에 수직으로 들어오면 운동방향에 수직인 힘을 받아 속도의 방향을 바꾸어 편향된다는것을 생각하여라. 편향거리는 등가속운동의 공식 $y=\frac{1}{2}at^2$ 을 리용하여라. 여기서 $a=\frac{eE}{m}$ 이고 $t=\frac{l}{v}$ 이며 $v=\sqrt{\frac{2ev}{m}}$ 라는것을 생각하여라.

(**답**. 5mm)

31. 10^7m/s의 속도로 운동하는 전자가 전자선관의 편향판사이로 극판에 평행으로 들어간다. 극판사이의 전압은 300V이고 판의 길이는 5cm, 판사이의 거리는 3cm이다. 편향판을 벗어져나올 때의 전자의 속도는 얼마인가?

풀이방향. 그림 11-30에서 보는것처럼 편향판을 벗어져나올 때의 전자의 속도는 $\boldsymbol{v}_x$ 와 $\boldsymbol{v}_y$ 의 합속도이다.

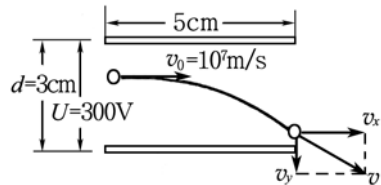



그림 11-30

여기서 $v_x=v_0$ 이므로 v_y 를 구하여 평행4변형법으로 합성하면 된다. v_y 의 크기는 등가속직선운동의 속도공식 $v_y=at$ 를 리용하여라. 이 식에서 $a=\frac{eU}{md}$ 이고 $t=\frac{l}{v_0}$ 이다.

(**답**. 약 1.338×10^7m/s)

32. 전기량 q 로 대전된 립자가 자기유도 B 인 고른자기마당과 각 α 를 짓고 v 의 속도로 날아든다. 이때 대전립자는 라선(타래선)운동을 한다는것을 밝히고 회전반경, 주기, 라선의 걸음을 구하여라. 대전립자의 질량은 m 이다.

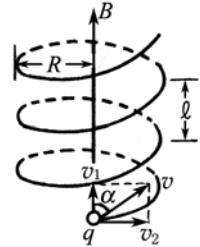
풀이방향. 처음속도 v 를 자기마당에 평행인 성분 $v = v\cos\alpha$ 와수직인 성분 $v_{\perp} = v\sin\alpha$ 로 분해하고 이 성분속도들에 작용하는 힘을 따져 그의 운동을 살펴보아라.(그림 11-31)

(답. $r = \dfrac{mv\sin\alpha}{qB}$, $T = \dfrac{2\pi m}{qB}$, $l = \dfrac{2\pi mv\cos\alpha}{qB}$)

그림 11-31

제12장. 강체의 운동

제1절. 강체의 운동과 평형

1. 강 체

힘을 받아도 변형하지 않는다고 생각되는 물체르 **강체**라고 부른다.

물체가 힘을 받아 운동하는 경우 그 모양의 변화가 극히 작아서 생각하지 않아도 되는 경우에는 그 물체를 강체로 볼수 있다.

2. 강체의 병진운동

강체안에 임의로 그어놓은 선분이 강체의 운동과정에 방향을 바꾸지 않고 항상 선분자체에 대하여 평행으로 이동할 때 이 운동을 강체의 병진운동이라고 부른다.

례: 유희장의 대관람차의 운동(그림 12-1)

그림 12-1. 강체의 병진운동

강체가 병진운동할 때에는 강체안의 모든 점들이 다 같은 운동을 한다. 따라서 병진운동을 알아보자면 강체의 한 점의 운동을 알면 된다.

3. 강체의 회전운동

강체의 모든 점들이 회전축에 수직인 면안에 놓이는 원을 그리는 운동을 강체의 회전운동이라고 부른다.

강체가 회전운동할 때에는 강체안의 모든 점들의 각속도와 각가속도는 다같다.

각가속도: 각속도가 시간에 따라 변하는 경우 단위시간동안으 각속도의 변화를 표시하는 량

t 시간동안에 각속도가 ω_1 에서 ω_2 로 변했다면 각가속도는 다음과 같이 표시된다.

$$\boxed{\beta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}}$$

각속도의 단위는 1rad/s^{2}이다.

1rad/s^{2}은 강체의 각속도가 1s동안에 rad/s만큼 변하는 각가속도의 크기이다.

4. 강체의 평형

강체에 힘이 작용하여도 강체가 회전하지 않고 정지 또는 등속직선운동상태를 계속 유지한다면 강체가 평형을 이룬다고 말한다.

강체가 회전하지 않으려면 강체에 작용하는 힘모멘트들의 총합이 령이여야 하며 강체가 멎어있거나 등속직선운동을 하려면 강체에 작용하는 힘들의 합이 령이여야 한다.

강체의 평형을 따질 때에는 강체의 여러 점에 작용하는 힘들을 한 점(극)에 옮겨놓으면 편리하다.

강체의 한 점 O에 작용하는 힘 $\boldsymbol{F}$ 를 다른 점 O′ 점에 $\boldsymbol{F}$ 의 힘 작용선에 평행인 선을 긋고 그 선우에 $\boldsymbol{F}$ 와 크기는 같고 방향이 같은 $\boldsymbol{F}'$ 와 방향이 반대인 $-\boldsymbol{F}'$ 를 그리면 된다.(그림 12-2)

새로 받아들인 힘 $\boldsymbol{F}'$ 와 $-\boldsymbol{F}'$ 는 비기는 힘이므로 강체의 운동에는 아무런 영향도 주지 않는다.

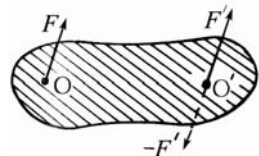



그림 12-2. 극으로의 힘의 옮김

이때 힘 $\boldsymbol{F}$와 $-\boldsymbol{F}'$는 짝힘으로 되여 강체를 회전시키며 O′로 옮겨간 힘 $\boldsymbol{F}'$는 강체를 직선운동시키는 힘으로 된다.

이런 방법으로 강체의 여러점에 작용하는 모든 힘들을 O′점에 옮겼을 때 전체 힘모멘트들의 합이 령이면 강체는 회전되지 않게 되며 O′점에 옮긴 전체 힘들의 합력이 령이면 강체는 자기의 정지 또는 등속직선운동상태를 유지하게 된다.

즉 강체는 힘들의 합이 령이고 힘모멘트들의 합이 령일 때 평형을 이룬다.

제2절. 각운동량과 관성모멘트

1. 각운동량

물체가 어떤 점 O둘레로 임의의 자리길을 따라 회전할 때 운동량에 팔의 길이를 곱한 량

$$\boxed{L = mvr_{\perp}}$$

을 점 O에 대한 질점의 각운동량이라고 부른다.(그림 12-3)

여기서 팔의 길이 $r_{\perp}$는 O으로부터 운동량 mv의 방향에 그은 수직선의 길이이다.

그림 12-3. 각운동량

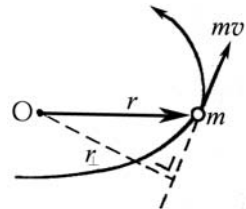
강체의 각운동량은 강체르 이루는 여러 질점들의 각운동량의 합과 같다.

각운동량의 단위는 1kg·m^2/s이다.

1kg·m^2/s는 질량이 1kg인 강체가 회전축으로부터 1m 거리에서 선속도 1m/s로 회전할 때의 각운동량의 크기이다.

각운동량과 힘모멘트사이의 관계

단위시간동안에 일어나는 각운동량의 변화량은 힘모멘트와 같다.

$$\boxed{\frac{\Delta L}{\Delta t} = M}$$

2. 관성모멘트

강체안의 매 부분들의 질량에 팔의 길이의 2제곱을 곱한것들의 합을 강체의 관성모멘트라고 부른다.

강체가 회전축둘레로 ω의 각속도로 회전할 때

강체안의 메 부분들의 질량을 m_1, m_2, …

회전축으로부터 질량까지의 수직거리를 r_1, r_2, …라고 하면

강체의 각운동량은

$$L = m_1 v_1 r_1 + m_2 v_2 r_2 + \cdots + m_n v_n r_n =$$

$$= (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \cdots + m_n r_n^2)\,\omega \text{ 이다.}$$

여기서 강체의 관성모멘트는

$$\boxed{I = (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \cdots + m_n r_n^2)}$$

이다.

따라서 $$\boxed{L = I\omega}$$

관성모멘트의 단위는 $1\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2$이다.

강체의 각운동량은 강체의 관성모멘트에 각속도를 곱한것과 같다.

제3절. 강체의 회전운동방정식과 각운동량

1. 강체의 회전운동방정식

강체가 회전운동할 때 그의 각속도가 Δt 시간사이에 $\Delta\omega$ 만큼 변했다면 각운동량의 변화량이 $\Delta L = I\Delta\omega$ 이므로 힘모멘트는 다음과 같다.

$$\boxed{M = I \cdot \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = I\beta}$$

이 식을 강체의 회전운동방정식이라고 부른다.

웃식에서 $\beta = \dfrac{M}{I}$ 이므로 각가속도는 힘모멘트에 비례하고 관성모멘트에 거꿀비례한다.

2. 각운동량보존의 법칙

강체에 힘모멘트가 작용하지 않거나 작용하는 힘모멘트들의 합이 령이라면 회전운동방정식은 다음과 같이 표시된다.

$$M = I \cdot \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = 0 \quad \text{또는} \quad I \cdot \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} = 0$$

따라서 $I\omega_2 = I\omega_1$ 즉 $\boxed{L = I\omega = \text{일정}}$

물체에 힘모멘트가 작용하지 않거나 힘모멘트들의 합이 령이면 물체의 각운동량은 일정하게 보존된다. 이것을 각운동량보존의 법칙이라고 부른다.

※ 회전운동과 직선운동의 대응관계

대응되는 량들		대응되는 공식들	
직선운동	회전운동	직선운동	회전운동
S	φ	$S = vt$ $S = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	$\varphi = \omega t$ $\varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2$
v	ω	$v = \frac{S}{t}$ $v^2 - v_0^2 = 2aS$	$\omega = \frac{\varphi}{t}$ $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\varphi$
a	β	$a = \frac{\Delta v}{t}$	$\beta = \frac{\Delta\omega}{t}$
F	M	$F = ma$ $F = \frac{\Delta P}{t}$	$M = I\beta$ $M = \frac{\Delta I}{t}$
P	L	$P = mv$	$L = I\omega$

[련습문제]

1. 재봉실감개에 실을 감고 그림 12-4의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같은 방향으로 실을 당기면 실감개는 어떻게 운동하겠는가를 밝히라.

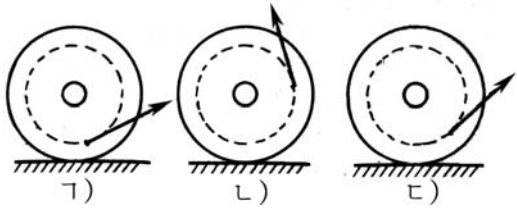



그림 12-4

풀이방향. 매 경우에 실패의 회전중심은 받침면과 닿는 점이라는 것을 생각하고 이 닿는 점에 대한 힘모멘트의 방향을 따져보아라.

(**답.** ㄱ) 시계바늘이 도는 방향으로 회전
ㄴ) 시계바늘이 도는 방향과 반대방향으로 회전
ㄷ) 오른쪽으로 미끄러지는 병진운동

2. 그림 12-5와 같이 막대기의 한 끝을 주에 매달아 천정에 고정하고 다른 끝에 $F=100\text{N}$의 힘을 주어 수평방향으로 당겼더니 줄이 드림면과 짓는 각이 $30°$로 되였다. 줄의 장력 T와 막대기에 작용하는 중력 P의 크기를 구하여라.

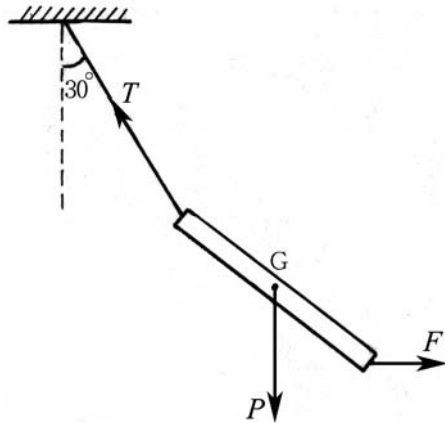



그림 12-5

풀이방향. 강체가 평형을 이루려면 작용하는 모든 힘들의 합력이 령이여야 한다는것을 생각하여라.

(**답.** $T=200\text{N}$, $P\approx173\text{N}$)

3. 관성바퀴가 돌기 시작한지 1min이 지나 회전수가 720min^{-1}으로 되였다. 1min후 바퀴의 각가속도와 바퀴가 돌아간 회수를 구하여라. 각가속도는 일정하다.

풀이방향. 각가속도공식을 리용하여라. 바퀴가 돌아간 회수는 돌

아간 각 $\varphi=\frac{1}{2}\beta t^2$ 를 먼저 구하면 $n=\frac{\varphi}{2\pi}$ 로 된다는것을 생각하여라.

(답. 약 1.256rad/s^2)

4. 일능률이 0.5kW인 전동기가 선반을 돌리고있다. 선반에서 가공되는 직경이 4cm인 강철막대기는 600min^{-1}의 회전수로 돌아가고있다. 기대의 효률이 80%라면 바이트가 소재를 깍는 힘은 얼마인가?

풀이방향. 등속원운동의 선속도, 기계의 일능률과 속도와의 관계를 생각하여라.

(답. 약 318.5N)

5. 180min^{-1}의 회전수로 회전하던 관성바퀴가 3ard/s^2의 각가속도로 등감속회전을 시작하였다. 몇s후에 바퀴가 멎겠는가? 멎을 때까지 바퀴는 몇번 돌겠는가?

풀이방향. 등감속원운동의 각가속도공식 $\left[\beta=\frac{\omega-\omega_0}{t}=\frac{2\pi(\nu-\nu_0)}{t}\right]$ 과 돌아간 각 $(\varphi=\omega_0 t-\frac{1}{2}\beta t^2=2\pi\nu_0 t-\frac{1}{2}\beta t^2)$ 을 구하는 공식을 리용하여라.

(답. 6.28s, 약 9.42회)

6. 관성모멘트가 245kg·m^2인 관성바퀴가 20s^{-1}의 회전수로 돌고 있다. 바퀴에 힘모멘트의 작용이 멎은후 1min 지나서 바퀴가 멎었다. 제동힘의 모멘트는 얼마인가? 힘모멘트의 작용이 중지된 다음 멎을 때까지 바퀴가 돌아간 회수를 구하여라.

풀이방향. 강체의 회전운동방정식을 리용하여라.

(답. -513N·m, 600회)

7. 관성모멘트가 490kg·m^2인관성바퀴가 멎어있다. 바퀴에 1026N·m의 힘모멘트가 작용한다면 1min후 관성바퀴의 회전수는 얼마이겠는가? 2h사이에 바퀴가 돌아간 총수는 얼마인가?

풀이방향. $\omega=2\pi\nu$ 이고 $\omega_0=0$ 일 때 $\omega=\beta t$ 이므로 이 두 식으로부터 $\nu=\frac{\beta t}{2\pi}$ 로 된다는것을 생각하여라. 각가속도 β 는 강체의 회전운동방정식을 리용하여 구하여라.

(답. 약 20s^{-1}, 약 600회)

8. 관성모멘트가 245 kg·m^2인 관성바퀴가 20s^{-1}의 회전속도로 돌고있다. 바퀴에 힘모멘트의 작용이 중지된 후 1000회전후에 멎었다. 마찰력의 모멘트는 얼마인가? 힘모멘트의 작용이 중지된 후 바퀴가 완전히 멎을 때까지 걸린 시간은 얼마인가?

풀이방향. 먼저 시간을 구하고 회전운동방정식으로부터 마찰력의 모멘트를 계산하여라.

(**답.** 약 308N·m, 100s(1min 40s))

9. 그림 12-6과 같이 관성모멘트가 I, 반경이 R인 차바퀴에 줄을 감고 그 아래끝에 질량이 m인 추를 매달았다. 추를 놓아 S만큼 떨어졌을 때 추의 가속도와 속도는 얼마로 되겠는가?

풀이방향. 먼저 추의 가속도를 구하고 $v^2 = 2aS$에 의하여 속도를 구하여라.

힘모멘트는 $I\beta = TR$

추의 가속도는 $a = \beta R$

뉴톤의 제2법칙으로부터 우의 세식을 련립하여 가속도 a를 구하여라.

(**답.** $a = \dfrac{mgR^2}{I + mR^2}$, $v = \sqrt{\dfrac{2mgR^2S}{I + mR^2}}$)

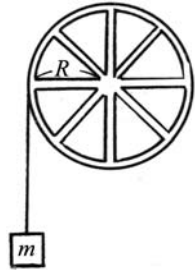



그림 12-6

10. 휘거선수가 60min^{-1}의 속도로 돌고있다. 선수가 팔을 내리여 관성모멘트를 3kg·m^2으로부터 1kg·m^2으로 감소시키면 선수의 회전수는 얼마로 되겠는가?

풀이방향. 각운동량보존의 법칙을 리용하여라. 각속도 $\omega = 2\pi\nu$임을 생각하여라.

(**답.** 3s^{-1})

제13장. 진동과 파동

제1절. 력학적진동

1. 진동과 진동식

1) 진동과 그 원인

물체가 평형자리를 중심으로 왕복운동하는것을 **진동**이라고 부른다.

진동이 일어나는것은 물체에 평형자리에로 돌려보내는 되돌이힘이 작용하며 평형자리에서 멎지 않고 계속 운동하게 하는 물체의 관성이 있기때문이다.

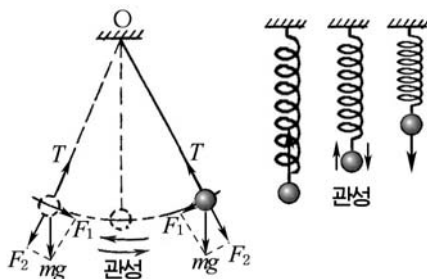



그림 13-1. 진동의 원인

그림 13-1에서 보는것처럼 흔들이세 추가평형자리를 벗어나면 추에는 평형자리로 향하는 중력의 분력 F_1가 되돌이힘으로 작용하고 용수철에서는 용수철의 튐힘 F가 되돌이힘으로 작용한다.

추가 평형자리에 오면 관성에 의하여 멎지 않고 계속 운동하여 평형자리를 벗어났다가 다시 되돌아온다.

2) 진동식

그림 13-2. 등속원운동하는 구의 그림자와 용수철흔들이의 진동비교

그림 13-2와 같이 전동기로 구 M의 회전속도를 잘 조절하면 구의 그림자의 운동이 용수철에 매단 추의 진동과 일치한다는것을 알수 있다. 그리

하여 추의 진동을 등속원운동하는 구 M의 그림자의 운동으로 바꾸어 생각할수 있다.

구 M가 돌아간 각과 진동하는 추의 변위와의 관계 또는 변위와 시간사이의 관계를 그라프로 나타내면 그림 13-3과 같다.

이로부터 진동하는 물체의 시간에 따르는 자리는 다음과 같이 표시된다.

$$\boxed{x = A\sin\omega t}$$

이것을 **진동식**이라고 부른다.

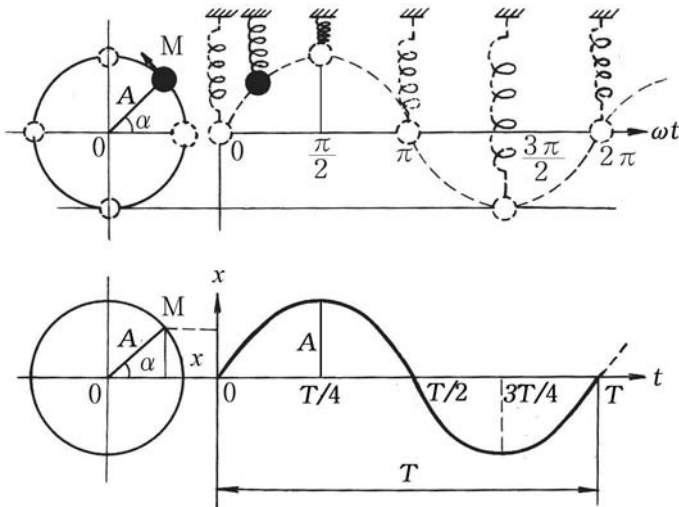



그림 13-3. 물체의 자리와 자리각, 변위와 시간사이의 관계

2. 진동을 특징짓는 량들

1) **진동주기:** 물체가 한번 진동하는데 걸린 시간

진동주기의 단위는 1s이며 T로 표시한다.

2) **진동수:** 물체가 1s사이에 진동하는 회수

진동수의 단위는 1Hz이며 ν로 표시한다.

1Hz는 1s동안에 한번 진동하는 진동수와 같다.

※ 진동수는 때로는 **주파수**라고도 부른다.

3) **진폭**: 물체가 평형자리로부터 제일 멀어졌을 때의 변위
진폭의 단위는 1m이며 A로 표시한다.

4) **자리각**: 진동식에 들어있는 각 $\alpha = \omega t$. 자리각에 의하여 진동하는 물체의 자리가 결정된다.(그림 13-3의 ㄱ)

5) **각진동수**: 1s동안의 자리각의 변화량 $\omega = 2\pi\nu$ 또는 $\omega = \frac{2\pi}{T}$
각진동수는 매 순간의 자리각과 물체의 자리를 결정해준다.

3. 흔들이의 진동주기

1) 용수철흔들이의 주기
용수철흔들이의 진동주기는 매단 물체의 질량의 2차뿌리에 비례하고 튐성결수의 2차뿌리에 거꿀비례한다.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

2) 질점흔들이의 진동주기
실의 무게와 늘음을 무시할수 있고 실의 길이에 비하여 실에 매단 물체의크기가 훨씬 작은 흔들이를 **질점흔들이**(또는 **수학흔들이**)라고 부른다.

질점흔들이의 진동주기는 실의 길이에만 관계되고 추의 질량과 진폭에는 관계되지 않는다.

이것을 **흔들이의 등시성**이라고 부른다.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

질점흔들이의 진동주기는 흔들이의 길이의 1/2제곱에 비례한다.

4. 강제진동

저항이 없을 때 한번 일어난 진동이 멎지 않고 계속되는 진동을 **고유진동**, 이때의 진동수를 **고유진동수**라고 부른다.

시간이 지남에 따라 점점 약해지는 진동을 **감쇠진동**이라고 부른다.

1) 강제진동
외부로부터 주기적으로 작용하는 힘에 의하여 일어나는 진동을

강제진동이라고 부른다. 강제진동을 일으키는 주기적인 외부힘을 **강제힘**라고 부른다.

강제진동은 물체의 고유진동수와 관계없이 언제나 강제힘의 진동수와 같은 진동수로 일어난다.

2) 공진현상

강체힘의 진동수가 물체의 고유진동수와 같을 때 진폭이 특별히 큰 강제진동이 얼어나는것을 **공진현상**이라고 부른다.

생활과 기술에서 공진을 잘 고려하여야 한다.,

건물이나 다리, 기계같은데서 공진이 일어나면 파괴될수 있다.

그러므로 이런것들을 실계할 때에는 그것의 고유진동수가 강제힘의 진동수와 될수록 많이 차이나게 하여야 한다.

제2절. 력학적파동

1. 파동과 그것을 특징짓는 량

1) 파동

한 곳에서 생긴 진동이 다른곳으로 파져나가는것을 **파동**이라고 부른다.

파원: 파동을 일으키는 물체

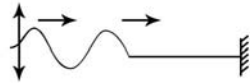
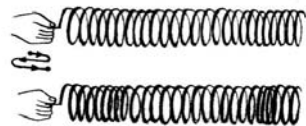
파동매질: 파동이 전파되는 물질

파동이 퍼질 때 대질립자들은 그 자리에서 진동하고 하고 퍼지는것은 진동모양과 파동의 에네르기이다. 즉 파동은 에네르기를 전달하는 한가지 방식이다.

그림 13-4. 줄과 용수철에서의 파동

가로파: 매질 립자들의 진동방향이 파동의 전파방향에 수직인 파동.

례: 줄의 한 끝을 아래우로 흔들때 줄을 따라 마루와 골이 퍼져나가는 파동(그림 13-4의 ㄱ)

세로파: 매질립자들의 진동방향을

따라 퍼져나가는 파동.

례: 용수철의 한 끝을 길이방향으로 튕겼을 때 용수철을 따라 밴 부분과 성긴 부분이 생겨 퍼져나가는 파동(그림 13-4의 ㄴ)

파동은 매질립자들사이에 튐힘과 같은 호상작용이 있기때문에 일어난다.

2) 파동을 특징짓는 량들

파동은 진동이 전파되여나가는것이므로 진동에서와 마찬가지로 주기, 진동수, 진폭, 자리각 등으로 특징짓는다. 이밖에 파동은 파장과 파동의 전파속도를 특징짓는다.

① **파장:** 한주기동안에 파동이 퍼져나가는 거리.

례: 가로파에서는 이웃한 마루와 마루(또는 골과 골)사이의 거리(그림 13-5의 ㄱ)

그림 13-5. 가로파와 세로파의 파장과 전파속도

세로파에서는 이웃한 밴 부분과 밴 부분(또는 성긴 부분과 성긴 부분)사이의 거리(그림 13-5의 ㄴ)

② **파동의 전파속도:** 파동의 모양이 옮겨가는 속도.

그것은 가로파에서는 마루(또는 골)가 옮겨가는 속도, 세로파에서는 밴 부분(성긴 부분)이 옮겨가는 속도와 같다.

전파속도와 진동주기(또는 진동수)와의 관계

$$\boxed{v = \frac{\lambda}{T}} \quad \text{또는} \quad \boxed{v = \lambda\nu}$$

파동의 전파속도는 파장과 진동수의 적과 같다.

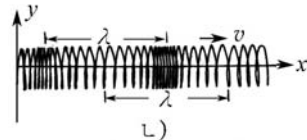
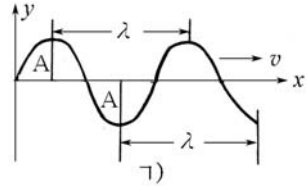
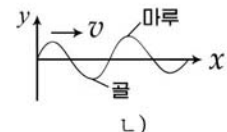
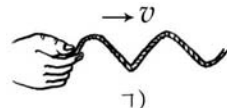
3) 파동식

① **파동의 그라프**

그림 13-6에서 ㄱ는 어느 한 시간 t때의 줄에서의 가로파의 모양이고 그림 ㄴ는 그 그라프이다.

가로파의 그라프는 그러한 시간 t에서의 가로파의 모양을 직관적으로 표시한다.

그림 13-6. 파동의 그라프

그라프를 알면 어떤 시각 t에서의 매

개 립자들이 자리를 결정할수 있다.

② 파동의 식

파원의 처음자리각을 0(령)으로 잡고 진동식을 다음과 같이 표시하자.

$$y = A\sin 2\pi\nu t \qquad \text{또는} \qquad y = A\sin\frac{2\pi}{T}t$$

파원에 원점을 정하고 x축방향으 v의 속도로 퍼져나가는 파동에서 파원으로부터 x만큼 퍼져나가는데는 x/v만 한 시간이 걸리므로 t시각에 점의 변위는 웃식들에서 t를 $(t-x/v)$로 바꾼것으로 표시한다.

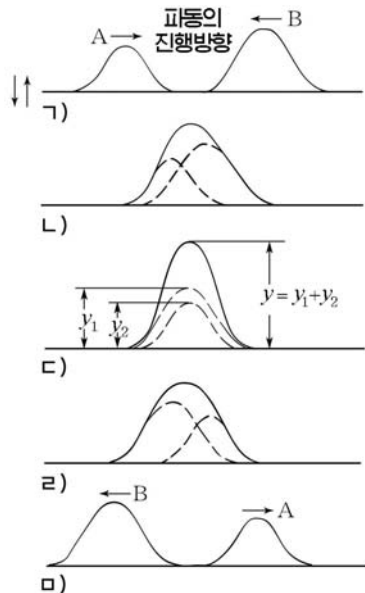
$$\boxed{y = A\sin 2\pi\nu\left(t-\frac{x}{v}\right)} \quad \text{또는} \quad \boxed{y = A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)}$$

이 식들은 x축방향으로 퍼져나가는 파동식이다.

파동식에는 두 변수 t와 x가 들어있다.

x가 주어지면 파동식은 그 점의 진동을 표시한다.

t가 주어지면 파동식은 그 시각에 매질립자들의 변위 y가 파원으로부터의 거리 x에 따라 어떻게 달라지는가를 표시한다. 이러한 관계를 **파모양**이라고 부른다.

파동의 파모양은 시누스곡선으로 되며 그림 13-6의 그라프와 같은 모양을 가진다.

2 파동의 중첩, 정상파

1) 파동의 중첩

여러개의 파동이 겹쳐도 서로 아무런 영향을 미치지 않고 매개 파동의 파형이 유지되는 성질을 **파동의 독립성**이라고 부른다.

파동이 겹치는 곳에서 매개 립자들의 변위는 매개 파동이 제각기 일으키는 변위들의 벡토르합과 같다. 이것을 **파동의 중첩원리**라고 부른다.(그림 13-7)

그림 13-7. 파동의 중첩

2) 정상파

진동수와 진폭이 같은 두 파동이 서로 반대방향으로 전파하면서 중첩되여 이루어진 파동을 **정상파**라고 부른다. (그림 13-8)

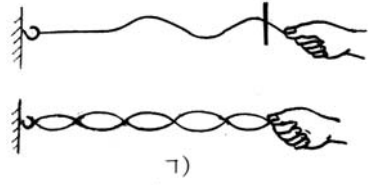
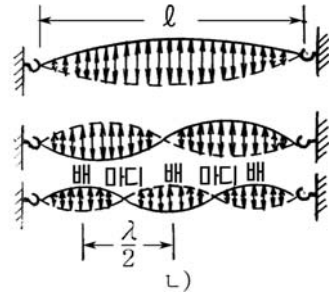



그림 13-8. 정상파

정상파의 특징

① 파동의 모양이 전파되여나가지 않는다.

② 진폭이 최대인 배와 최소인 마디가 있으며 배와 마디사이에서는 자리에 따라 진폭이 다르다.

③ 이웃한 두 마디사이에 있는 점들은 다같은 자리각으로 진동한다.

3. 파동의 간섭과 에돌이

1) 파동의 간섭

진동수와 진동방향이 서로 같은 파동들이 중첩될 때 합성진도잉 센 자리와 약한 자리들이 생며 무늬를 이루는 현상을 **파동의 간섭**이라고 부른다.

간섭에 의하여 생기는 무늬를 **간섭무늬**라고 부른다.

파동의 간섭이 일어날 때 합성진동이 가장 세지는 자리를 **극대**, 가장 약한 자리를 **극소**라고 부른다.

극대조건

두 파원으로부터의 거리차 (d)가 파장 λ의 옹근수배가 되는 점들에서느 두 파동의 무라와 마루 또는 골과 골이 겹쳐지므로 합성진폭이 극대로 된다. (그림 13-9의 ㄱ)

$$d = k\lambda \quad (k = 0,\ 1,\ 2 \cdots)$$

극소조건

두 파원으로부터의 거리차가

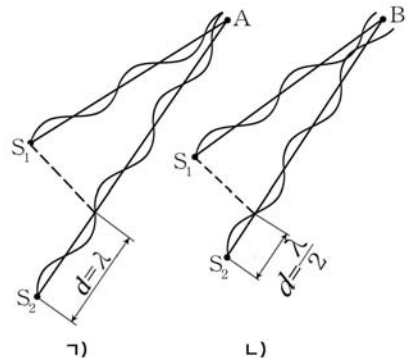



그림 13-9. 극대, 극소조건

반파장의 홀수배가 되는 점들에서는 두 파동의 무라와 골이 겹쳐지면서 서로 지워져 합성진폭이 령(극소)으로 도니다.(그림 13-9의 ㄴ)

$$d=(2k+1)\cdot\frac{\lambda}{2}(k=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$$

파동의 간섭조건

진동수가 같은 두 파원들의 자리각이 늘 같거나 자리각차가 일정해야 한다. 이런 조건을 만족시키는 파원을 간섭성파원이라고 부른다.

2) 파동의 에돌이

① 파면과 파선(그림 13-10)

파면: 파동이 퍼질 때 자리각이 같은 점들로 이루어지는 면

파면이 구면이 파동을 **구면파**, 파면이 평면인 파동을 **평면파**라고 부른다.

파선: 파동이 퍼져나가는 방향을 표시하는 선. 파선은 파면에 수직이다.

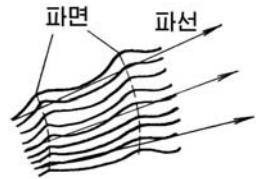



그림 13-10. 파면과 파원

② 파동의 에돌이

파동이 퍼지다가 장애물을 만나면 그 기슭이나 틈을 지나면서 파동의 일부가 방향을 바꾸는 현상을 **파동의 에돌이**라고 부른다.

틈이 작을수록 파동은 잘 에돈다.(그림 13-11)

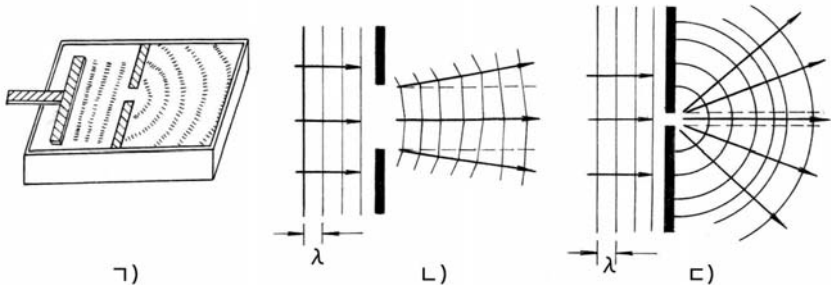



그림 13-11. 파동의 에돌이

틈의 크기가 파장정도인 때 파동의 에돌이 현상이 뚜렷이 나타난다.

③ 후이겐스의 원리

파동이 퍼질 때 임의의 파면우의 모든 점은 요소파의 파워능로 되며 거기서 나가는 모든 요소파들의 파면들을 공통으로 접하는 면이 새로운 파면으로 된다. 이것을 후이겐스의 원리라고 부른다.(그림 13-12)

※ 새로운 파동이 도달한 모든 점들은 점파원과 같은 역할을 하며 이 점들로부터 새로운 구면파가 생긴다. 이것을 요소파라고도 부른다.

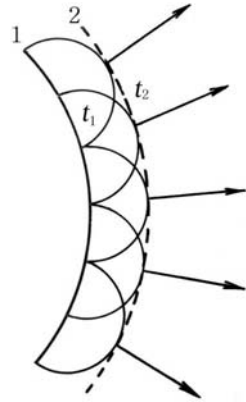



그림 13-12. 요소파면들의 포락면이 파면으로 된다.

제3절. 소리파

1. 소리파와 소리

1) 소리의 발생과 전파

소리는 진동하는 물체에서 난다.

떨면서 소리를 내는 물체를 **음원**이라고 부른다.

음원이 공기속에서 진동하면 그 둘레의 공기속에 세로파가 생겨 퍼지다가 귀의 고막을 진동시켜 사람들은 소리를 듣게 된다.(그림 13-13)

소리는 공기뿐아니라 고체나 액체속으로도 전파된다.

기체나 액체, 고체속으로 전파되여나가는 진폭이 작은 튐성파를 **소리파**라고 부른다.

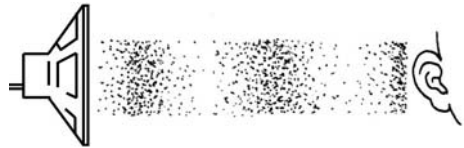



그림 13-13. 공기속에서 소리의 전파

사람이 들을수 있는 소리파의 진동수는 16~200 00Hz정도이다.

사람이 들을수 있는 소리파를 흔히 **소리**라고 부른다.

2) 소리의 세 요소

소리는 그의 크기, 높이, 소리색갈에 의하여 서로 구별된다.

소리의 크기, 높이, 소리색갈을 **소리의 세 요소**라고 부른다.

① 소리의 크기: 진폭이 클수록 소리가 크게 들린다.

② 소리의 높이: 진동수가 클수록 소리가 높게 들린다.

③ 소리색갈: 음원에 따라 그 소리를 듣는 귀맛이 다른 소리의 특성을 **소리색갈**이라고 부른다.

소리색갈은 구체적인 파모양에 관계된다.

2. 소리파의 성질

1) 소리파의 전파속도

매질의 튐성이 클수록 큰 속도로 전파되고 매질의 밀도가 클수록 관성이 커서 소리가 더 천천히 전파된다.

공기속에서의 소리의 전파속도는 온도에 관계된다.

공기속에서 0℃때 속도는 약 331.5m/s이고 온도 1℃만큼씩 높아질 때 0.6m/s만큼씩 커진다. 온도가 t℃때의 속도는 다음과 같이 표시된다.

$$v=331.5+0.6t(m/s)$$

2) 소리파의 반사

소리가 공기속에서 전파되다가 장애물을 만나면 일부는 흡수되고 일부는 공기속으로 되돌아나오는 현상을 **소리의 반사**라고 부른다.

소리가 장애물에서 반사되여 되돌아와 들리는 현상을 **메아리**(또는 산울림)라고 부른다.

3) 소리파의 에돌이와 간섭

소리는 퍼지는 과정에 장애물을 만나면 잘 에돌아간다. 그것은 소리의 파장이 수십cm～수십m로 매우 길기때문이다.

소라파에서는 간섭현상도 일어난다.

4) 소리의 공명

소리를 내는 물체에 그의 고유진동수와 같은 진동수의 소리파가 작용할 때 일어나는 껴울림을 **공명**이라고 부른다.

악기들에는 공명을 일으켜 소리를 크게 하는 공명통이 있다.

3. 초음파와 아음파

1) 진동수가 20 000Hz를 넘는 소리파를 **초음파**라고 부른다.

초음파의 성질

· 초음파는 파장이 짧기때문에 잘 에돌지 않고 곧추 가는 성질이 강하다.

· 초음파는 액체나 고체속에서 흡수되지 않고 멀리까지 곧추 전파된다.

· 초음파가 흡수되거나 반사되는 정도도 물질에 따라 다르다.

· 초음파는 그의 세기가 매우 크다.

초음파의 이런 성질을 리용하여 바다깊이측정, 어군팀지기, 수중통신, 유리, 수정, 규소와 같은 굳고 부스러지기 쉬운 물체의 가공, 결함탐지 등에 리용된다.

화학분야에서는 화학반응을 촉진시키고 있으며 생물학분에서는 세균과 같은 생물체를 죽일수도 있다.

2) 아음파

진동수가 16Hz보다 작은 소리파를 **아음파**라고 부른다.

아음파의 가장 본질적인 특성은 흡수가 적고 파장이 길어 잘 에돌기때문에 일단 발생되면 먼곳까지 전파되는것이다.

이런 특성이 있어 아음파는 먼 곳에서 일어나는 지진이나 폭발을 탐지할수 있다. 또한 아음파무기(아음파발생장치)를 만들어 유생력량을 소멸할수 있다.

4. 도플러효과

파원과 관측자가 서로 가까와지거나 멀어지는데 따라 파원이 내는 파동의 진동수가 서로 다르게 관측되는 현상을 **도플러효과**라고 부른다.

도플러효과는 소리뿐아니라 모든 파동에서 다 일어난다.

파동의 전파속도를 V, 파원의 이동속도를 v, 파원의 진동수를 ν_0, 관측자의 이동속도를 u라고 하면 진동수 ν의 변화는 다음과 같다.

1) 관측자가 멎어있고 파원이 이동하는 경우

① 파원이 관측자에게 다가오는 경우

$$\nu = \frac{V}{V-v}\nu_0$$ (진동수가 커진다.)

② 파원이 관측자로부터 멀어지는 경우

$$\nu = \frac{V}{V+v}\nu_0$$ (진동수가 작아진다.)

2) 파원이 멎어있고 관측자가 이동하는 경우

① 다가오는 경우

$$\nu = \frac{V+u}{V}\nu_0$$ (진동수가 커진다.)

② 멀어지는 경우

$$\nu = \frac{V-u}{V}\nu_0$$ (진동수가 작아진다.)

5. 전기음향기구

전기진동을 소리진동으로 혹은 그와 반대로 바꾸는 장치를 **전기음향기구**라고 부른다. 소리진동을 전기진동으로 바꾸는 장치로는 전화송화기, 마이크, 전축수음기 등을 들수 있고 전지진동을 소리진동으로 바꾸는 장치로는 고성기, 전화수화기 등을 들수 있다.

1) 전화기

말소리를 전기적신호로 바꾸어 선로로 내보내며 선로를 통하여 들어온 전기신호를 말소리로 바꾸는 전기통신기구를 **전화기**라고 부른다.

전화기에는 말소리를 보내는 송화기와 그것을 받아들는 수화기가 있다.

송화기는 소리진동을 전기진동으로 바꾸는 전기음향기구이다.

전화기에서는 탄소형송화기를 많이 쓴다.

탄소형송화기의 중요한 부분은 진동판과 갑속에 들어있는 탄소가루이다. 진동판이 진동하는데 따라 탄소가루의 전기저항이 변화면서 소리를 전기신호로 바꾼다.

이밖에도 송화기(마이크)에는 가동선륜형, 축전기형, 압전기형 등 여러가지가 있다.

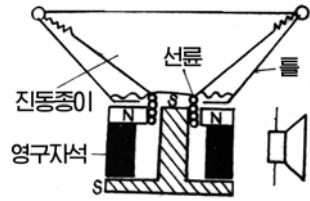
수화기는 전기진동을 소리진동으로 바꾸어 직접 귀에 전달하기 위한 전기음향기구이다. 수화기의 중요한 부분은 영구자석과 전자석, 철판으로 된 진동판이다. 소리와 같이 진동하는 전류가 전자석선륜에 흐르면 전자석이 진동판을 진동시켜 소리는 낸다.

2) 고성기

그림 13-14. 고성기의 구조

고성기는 전기적신호를 소리의 진동으로 바꾸는 전기음향기구이다.

고성기에는 동작원리와 사용하는데 따라 여러가지가 있다.

실내용가동선륜형고성기의 기본부분은 원통형영구자석과 자석의 극사이에서 움직일수 있는 선륜 및 선륜에 붙어있는 나팔모양의 진동종이이다.(그림 13-14)

소리와 가팅 진동하는 전기신호전류가 선륜으로 흐르면 영구자석과 선륜에 흐르는 전류의 자기마당의 호상작용에 의하여 진동종이가 진동하면서 소리를 낸다.

3) 록음과 소리의 재생

여러가지 소리를 본래의 소리대로 다시 낼수 있도록 새겨두는 것을 **록음**이라고 부른다.

록음은 원리에 따라 기계록음, 자기록음, 광학록음으로 나눈다.

형태에 따라 레코드판록음, 테프록음, 필림록음로 나누며 사용하는데 따라 전축록음, 방송록음, 영화록음 등으로 나눈다.

록음과정

소리의 력학적진동은 마이크를 통하여 전기적진동으로 바꾸고 전자증폭기로 증폭한 다음 록음종류에 따라 기계적, 자기적, 광학적신호로 바꾸어 해당한 록음체들인 레코드판, 자기테프, 필림 등에 올리는 방법으로 록음한다.

소리의 재생과정

레코드판, 자기테프, 필림으로부터 기계적, 전기적, 광학적신호를 전기신호로 바꾸어 증폭한 다음 고성기를 통하여 소리로 바꾸는 방법으로 소리를 되살린다.

록음은 영화, 방송, 콤퓨터, 자동화, 교육부분과 일상생활에서 널리 쓰이고있다.

제4절. 전기진동

1. 전기진동

그림 13-15와 같이 축전기와 선륜으로 이루어진 회로에 전지를 련결하고 절환스위치를 왼쪽으로 돌려 축전기를 충전시킨 다음 스위치를 오른쪽으로 돌리면 오씰로그라프에 진동그라프가 그려진다.

이것은 회로에서 전압이 주기적으로 변하고 그에 따라 전류의 세기와 축전기에 충전되는 전기량도 주기적으로 변하다는것을 의미한다.

전압과 전류의 세기, 전기량과 같은 저기적량들이 주기적으로 변하는 현상을 전기진동이라고 부른다.

그림 13-15. 진동회로와 진동그라프

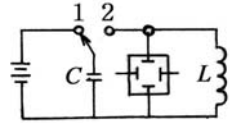
이 회로에서 전기진동이 일어나는것은 충전되였던 축전기가 방전하고 다 방전된 축전기가 선륜의 자체유도전동력의 작용으로 반대방향으로 다시 충전되기때문이다. 즉 회로에 축전기의 전기용량 C와 선륜의 자체유도결수 L가 있기때문이다.

전기진동이 일어나는 축전기와 선륜으로 이루어진 회로를 진동회로 또는 LC회로라고 부른다.

진동회로에서 전기진동이 일어나는 과정은 축전기의 전기마당의 에네르기가 선륜의 자기마당의 에네르기에로 전환되고 다시 선륜의 자기마당의 에네르기가 축전기의 전기마당의 에네르기로 전화되는 과정이다.

2. 고유전기진동의 주기

진동호로에 전기저항이 없으며 한번 생긴 전기진동은 멎지 않고 계속 진행된다. 이런 전기진동을 고유전기진동이라고 부르고 이때의 지동수를 고유진동수라고 부른다.

고유전기진동회로의 고유주기는 다음 공식으로 계산된다.

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{LC}}$$

고유전기진동의 고유주기는 선륜의 유도결수와 축전기의 전기용량의 적의 2차뿌리에 비례한다.

고유진동수(주파수)는 $\boxed{\nu = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$

3. 전기공진

실제회로들에는 유효저항이 있으므로 감쇠진동이 일어난다.

LC 회로에서 진동이 계속되려면 회로에서 신실되는 에네르기를 밖에서 보충해주어야 한다.

회로의 전류의 세기나 전압이 달라지지 않는 진동을 비감쇠진동이라고 부른다.

강제전기진동의 주파수와 전기진동회로의 고유주파수가 같아질 때 교류전류의 세기또는 전압이 급격히 커지는 현상을 전기공진이라고 부른다.

전기공진현상의 리용

LC 전기공진회로를 공진기, 공진자라고 부르기도 한다.

라지오수신기에서는 입구회로를 만들어 들으려는 방송국의 신호를 골라잡는데 전기공진현상을 리용한다.

제5절. 전자기파

1. 전자기마당

1) 회리전기마당

전력선이 닫긴 전기마당은 **회리전기마당**이라고 부른다.

변하는 자기마당은 도체가 있거나 없거나 관계없이 그 둘레에 언제나 회리전기마당을 만든다.

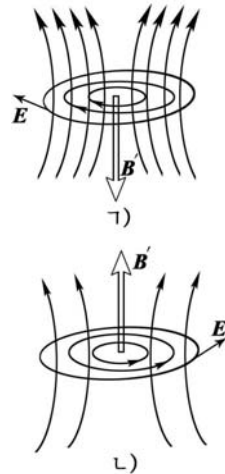



그림 13-16. 회리전기마당의 결정
ㄱ) 자기마당이 증가할 때
ㄴ) 자기마당이 감소할 때

회리전가마당의 방향은 자기마당에 수직이며 고찰하는 점에서 자기마당이 감소하는가 증가하는가에 따라 렌쯔의 규칙으로 결정된다.(그림 13-16)

2) 회리자기마당

그림 13-17과 같이 축전기가 들어있는 교류회로에서 축전기바깥에 흐르는 전류는 둘레에 회리자기마당을 만든다. 이때 축전기안에서는 시간에 따라 전기마당이 변한다.

이때 축전기안에도 둘레에 회르자기마당을 만든다.

즉 변하는 전기마당은 회리자기마당을 만든다. 이때 전기마당의 방향과 회리자기마당의 방향은 서로 수직이다.

3) 전자기마당

변하는 전류가 만드는 회리자기마당은 그 둘레에 그 변화를 막는 방향으로 회리전기마당을 만든다.

이때 회리전기마당과 회리자기마당이 함께 어울려있게 된다.

전기마당과 자기마당이 하나로 어울려있는 마당을 **전자기마당**이라고 부른다.

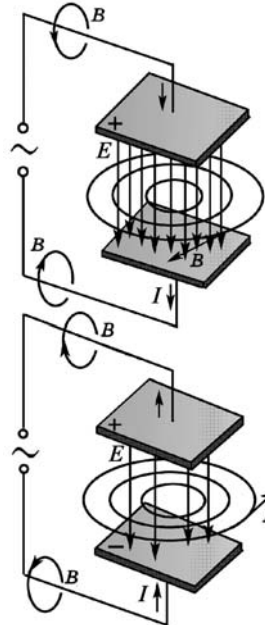



그림 13-17. 변하는 전기마당에 의한 회리자기마당의 발생
ㄱ) 충전때, ㄴ) 방전때

2. 전자기마당

1) 전자기파

공간의 한 점에서 전기마당이 변하면 그둘레에 변하는 자기마당이 생기고 이 변하는 자기마당둘레에는 변하는 전기마당이 생겨 전자기마당이 공간으로 점점 퍼져나간다.(그림 13-18)

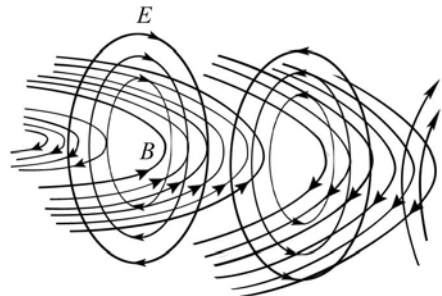



그림 13-18. 전자기파

전자기마당이 공간으로 퍼져나가는것을 **전자기파**(또는 전파)라고 부른다.

2) 전자기파의 복사

닫긴진동회로

그림 13-19와 같이 축전기와 선륜으로 이루어진 회로에서 전기마당은 축전기의 두 극판사이에, 자기마당은 선륜속에 몰려있어 전자기마당이 둘레공간에 퍼지지 못한다. 이런 회로를 **닫긴진동회로**라고 부른다.

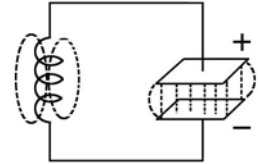



그림 13-19. 닫긴진동회로

열린진동회로(안테나)

그림 13-20과 같이 축전기극판을 벌리고 선륜을 펴서 막대기로 만들면 전자기마당의 밖으로 퍼져나간다.

유도결수 L과 전기용량 C가 전체 회로에 고르롭게 분포되여 전자기파를 멀리 내보내는 진동회로를 열린 진동회로 또는 안테나라고 부른다.

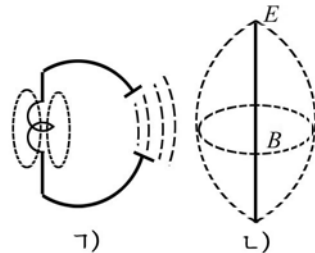
안태나로부터 전자기파를 내보내는것을 전자기파의 복사라고 부른다.

그림 13-20. 열린진동회로

전자기파를 복사하기 위한 조건

① 안테나가 있어야 한다.

② 진동회로의 진동수를 크게 하여야 한다.

③ 밖으로부터 안테나에 고주파에네르기를 련속 공급해주어야 한다.

3. 진자기파의 성질

1) 전자기파의 성질

전자기파동은 전기 및 자기마당의 변화가 있으면 전파되므로 전공속에서도 퍼져나간다.

전자기파의 전파속도는 진공속에서 빛의 전파속도와 같다.

$$v = \lambda\nu \approx 3\times10^8 \mathrm{m/s}$$

2) 전자기파의 가로파성질

전자기파의 전파방향은 전기마당방향으로부터 자기마당방향으로 오른나사를 돌릴 때 오른나사가 나가는 방향과 같다. 즉 전기 및 자기마당은 전자기파의 전파방향에 수직으로 진동하므로 전자기파는 가로파이다.(그림 13-21)

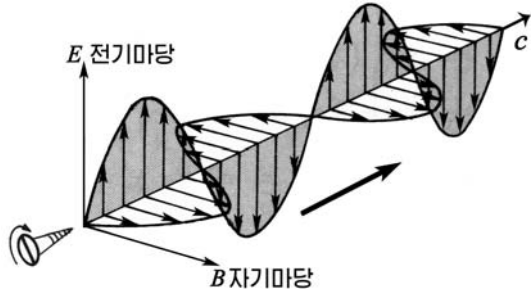



그림 13-21. 전자기파는 가로파이다.

전자기파는 가로파로서 직진, 반사, 굴절, 간섭, 에돌이 등 파동의 본질적현상들을 잘 나타낸다.

3) 전자기파의 전파방식

전자기파는 파장 또는 주파수에 따라 전파방식이 현저히 달라진다.

① 공간파

땅겉면으로부터 50km～수백km사이에는 기체분자들이 이온화되여 플라즈마상태로 존재하는 이온층이 있다.

이온층에서 반사되여 전파되는 전자기파를 공간파라고 부른다.(그림 13-22)

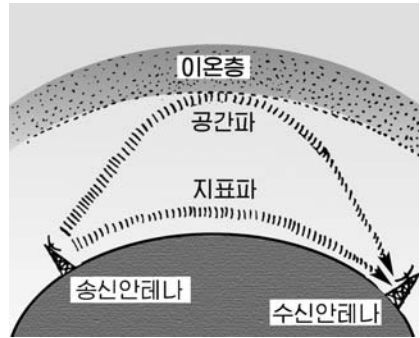



그림 13-22. 전자기파의 전파방식

단파는 땅겉면에서 세게 흡수되가 이온층에서 반사하므로 주로 공간파로 전파된다.

② 지표파

땅겉면에서 반사하거나 에돌면서 전파되는 전자기파를 지표파라고 부른다.

장파는 이온층에서 흡수가 크므로 주로 지표파로 전파된다.

③ 직진파

빛처럼 직선을 따라 전파되는 전자기파를 직진파라고 부른다.

초단파보다 파장이 짧은 전자기파는 땅에 흡수되고 이온층을 뚫고나가므로 공간파나 지표파로 전파되지 못하고 진진파로 전파된다.

전자기파의 파장대역

파장대역	주파수대역	대역이름	대역기호
10km～1km	0.3MHz	장파	LM
1km～100m	0.3～3MHz	중파	MW
100m～10m	3～30MHz	단파	SW, HF
10m～1m	30～300MHz	초단파	VHF
1m～10cm	300～3GHz	극초단파	UHF
10cm～1cm	3～30GHz	초고주파	SHF
1cm～1mm	30～300GHz	극초고주파	EHF

4. 전자기파의 리용

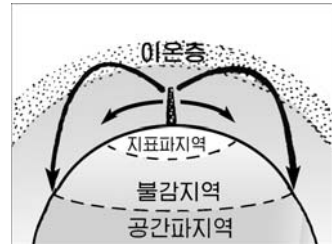
전자기파는 라지오방송, TV방송, 무선전화, 그림이나 사진의 전송, 우주통신 등 무선통신에 리용되며 레이다와 원격조종 등에 널리 리용되고있다.

1) 라지오방송

라지오방송에서는 주로 주파수가 낮고 파장이 긴 장파, 중파, 단파를 리용한다.

장파는 주로 지표파로 전파되고 중파는 지표파나 공간파로 전파되며 단파는 지표파가 거의 없고 공간파로 전파된다.

그림 13-23. 단파의 전파특성

단파통신에서는 그림 13-23에서 보는것처럼 신호를 받을수 없는 그늘구역 즉 불감지역이라고 부르고 구역이 생긴다.

2) TV방송

TV방송에는 초단파가 리용된다.

초단파는 직진파로 전파되므로 중계탑을 세워야 먼곳까지 전파할수 있다. 지금은 TV방송이 인공위성에 의하여 중계되므로 중계탑없이 먼 곳에 나가고있다.

3) 마이크로파의 리용

파장이 1mm～30cm의 범위의 전자기파를 **마이크로파**라고 부른다.

① 마이크로파는 레이다(전파탐지기)에 리용되고있다.

레이다는 마이크로파를 리용하여 물체의 위치(거리, 각도) 구성성분들을 알아내는 무선설비이다.

래이다는 구름, 태풍, 소나기들을 연구하여 기상예보에 리용되며 특히 현대군사기술과 군사장비에서 레이다는 없어서는 안될 전투수단으로 위성에 설치된 레이다로 지구에 마이크로파를 보내고 반사파를 잡아 분석하여 지표, 지각의 성질, 구조, 형태들을 탐사하고있다.

② 마이크로파는 위성봉사체계에 리용되고있다.

위성봉사체계는 지구우에 띄운 인공지구위성을 리용하여 전파를 중계하는 체계를 의미한다.

위성에서는 지구에서 쏜 전파를 수신안테나로 받고 신호를 크게 한 다음 송신안테나로 받는 곳으로 쏘게 된다.

[련습문제]

1. 다음 글의 빈 칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

진동이 일어나는것은 물체에 □로 되돌려보내는 힘이 작용하고 물체가 평형자리에서 벗어나게 하는 □이 있기때문이다.

강제진동은 □의 진동수와 가은 진동수로 일어나며 공진은 강제힘의 □와 고유진동수가 □때 일어난다.

풀이방향. 진동의 원인, 강제진동과 공진에 대하여 생각하여라.

2. 진동식 $x=5\sin3000\pi t$ 가 주어졌다.

길이의 단위는 1cm이다. 진폭, 진동수, 진동을 시작하여 0.001s 지난 다음의 자리각은 각각 얼마인가?

풀이방향. 진동식 $x=A\sin\omega t$ 에서 진폭은A, 각진동수는 $\omega=2\pi\nu$ 자리각은 $\alpha=\omega t$ 라는것을 생각하면서 주어진 진동식과 비교하여 구하여라.

(**답.** $A=5\text{cm}$, $\nu=1.5\times10^3\text{Hz}$, $\alpha=540°(3\pi)$)

3. 한 질점이 직선우에서 진폭 2.4mm 진동주기 4s로 진동하고 있다. $t=0$ 인 순간에 질점은 평형자리로부터 부의 방향으로

1.2mm 되는 점에서 평형자리를 향하여 움직이고있다. 이 질점에 대한 진동식을 표시하여라.

풀이방향. $\omega=2\pi/T$ 로부터 각진동수를 구하고 $t=0$ 인 순간의 질점의 자리, 운동방향으로부터 처음 처음자리각을 결정하고 처음자리각이 φ 인 경우의 진동식 $x=A\sin(\omega t+\varphi)$ 와 비교하여 표시하여라.

(**답.** $x=2.4\times10^{-3}\sin(\frac{\pi}{2}t-\frac{\pi}{6})$)

4. 퇴성결수가 12N/m인 용수철에 질량이 240g인 추가 달려있다. 이 용수철흔들이의 주가와 같은 주기를 가지는 질점흔들이를 만들려면 길이를 얼마로 하여야 하겠는가?

풀이방향. 용수철흔들이와 질점흔들이의 주기공식을 리용하여라.

(**답.** 약 19.6cm)

5. 길이가 1[m]인 질즘흔들이으 주기는 근시적으로 $T=2\sqrt{l}$ [s]라고 할수 있다. 왜 그런가를 밝혀라.

풀이방향. $\pi\sqrt{l/g}$ 의 값을 계산해보고 판단하여라.

6. 승강기의 천정에 1m의 길이를 가지는 흔들이를 매달았다. 승강기가 $g/4$ 의 가속도로 운동할 때 이 흔들이의 주기는 멎어 있을 때보다 얼마나 변하겠는가?

풀이방향. 질점흔들이의 주기공식을 리용하여라. 승강기의 겉보기중력가속도는 ($g\pm a$)로 된다는것을 생각하면서 승강기가 올라갈 때와 내려올 때 각각 계산하여 비교하여라.

(**답.** 오를 때 약 0.3s 감소, 내릴 때 약 0.31s 증가)

7. 하루에 3s씩 늦어지는 흔들이벽시계를 바로잡자면 흔들이의 길이를 얼마만큼 줄이면 되겠는가?

풀이방향. 흔들이의 주기는 그의 길이의 2차뿌리에 비례한다는것을 생각하여라.

(**답.** 흔들이의 길이의 69×10^{-6}배만큼 짧게 하면 된다.)

8. 용수철흔들이에서 용수철의 길이를 1/2 로 하면 그의 주기는 어떻게 되겠는가?

풀이방향. 용수철흔들이의 주기공식을 리용하여라. 용수철의 길이를 1/2 로 하면 용수철의 퇴성결수가 2배로 되다는것을 생각하여라.

(답. $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$ 배로 된다.)

9. 질량이 1g인 추를 매달면 2cm 늘어나는 용수철에 10g의 추를 매달았을 때의 주기를 구하여라.

풀이방향. 후크의 법칙과 용수철흔들이의 주기공식을 리용하여라.

(답. 약 0.9s)

10. 다음 글의 빈칸에 알맞는 내용을 써넣어라.

파동은 한 곳에서 일어난 □이 다른 곳으로 □나가는 현상이다. 매질립자들의 진동방향이 파동의 전파방향과 같은 파동을 □라고 하며 수직인 파동을 □라고 부른다.

정상파는 □으로 퍼지는 두 파동이 겹칠 때에 생긴다.

정상파의 특징은 파동의 모양이□ 않으며 □이 최대인 □와 최소인 □가 있으며 □에 따라 진폭이 다른것이다. 배와 배사이의 거리는 □이고 배와 마디사이의 거리는 □이다.

풀이방향. 파동이란 무엇이며 세로파, 가로파, 정상파 및 그의 특징을 생각하여라.

11. 파동의 진폭이 키지면 파장은 어떻게 되겠는가?

풀이방향. . 파장이 무엇에 관계되는가를 생각하여라.

12. 파동방정식 $y = 10\sin(\pi t + 5x)$ 로 표시되는 파동이 있따. 이 파동의 주기, 파장, 속도를 구하여라.

풀이방향. 파동식 $y = A\sin\frac{2\pi}{T}(t + \frac{x}{v})$ 와 주어진 방정식을 비교하여보아라.

(답. $T = 2$, $\lambda = \frac{2\pi}{5}$, $v = -\frac{\pi}{5}$)

13. 한개의 줄을 따라 전파되는 파동이 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$y = a \cdot \sin(bt + cx)$$

이 파동의 속도, 파장 및 주기를 표시하여라.

풀이방향. 파동식 $y = A\sin 2\pi(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda})$ 와 주어진 방정식을 비교하여라. 두 식에서 t 와 x 의 결수가 각각 같아야 된다는것을 생까하여라.

(답. $v = \frac{b}{c}$, $\lambda = \frac{2\pi}{c}$, $T = \frac{2\pi}{b}$)

14. 실의 두 끝을 팽팽하게 당겨서 고정시킨 다음 실을 진동시켰더니 정상파가 생겼다. 실의 길이가 1m이고 실에 4개이 배가 생겨났다면 정상파의 파장은 얼마인가?

풀이방향. 두 끝이 고정되여있는 줄에서 정상파가 생겨날 때에는 두 끝은 언제나 마디가 되며 마디와 마디사이의 거리는 $\frac{\lambda}{2}$이고 $v=\frac{\lambda}{T}$, $\nu=\frac{1}{T}$이라는것을 생각하여라.

(**답.** 660Hz)

16. 물면우에 3cm의 거리를 두고 두 간섭성파원 S_1, S_2 이 있다. 이 두 파동이 S_1, S_2 사이의 직선우에서 간섭하여 극대 또는 극소로 되는 자리들을 구하여라. 파장은 1cm이다.

풀이방향. 파동이 간섭할 때 극대 또는 극소로 될 조건을 리용하여라.

(**답.** 극대 또는 극소자리로부터 파원 S_1, S_2 까지의 거리를 r_1, r_2 라고 하면 극대, 극소자리는 다음표와 같다.)

k	극대자리		극소자리	
	r_1(cm)	r_2(cm)	r_1(cm)	r_2(cm)
0	1.5	1.5	1.75	1.25
1	2	1	2.25	0.75
2	2.5	0.5	2.75	0.25
3	3	0		

17. 무더운 여름낮에는 땅겉면의 온도가 높고 우로 올라가면서 낮아지고 밤에는 이와 반대로 된다. 먼곳에서 나는 소리가 낮에 더 잘 들리는가 밤에 더 잘 들리는가? 그 리유는 무엇인가?

풀이방향. 온도가 높으면 소리의 전파속도가 커지고 온도가 낮으면 속도가 작아진다는것을 생각하고 음원으로부터 퍼져나가는 파면을 그리고 파선을 그려보아라.

18. 수평방향으로 날아가는 비행기가 곧추 머리우를 지날 때 그 소리는 그림 13-24와 같이 30° 뒤에서 들려왔다. 비행긱의 속도를 구하여라. 소리의 속도는 340m/s이다.

풀이방향. 비행기가 B에서 낸 소리가 A에 도달하는 동안에 비행기는 까지 날았다는것을 생각하여라.

(**답.** 170m/s)

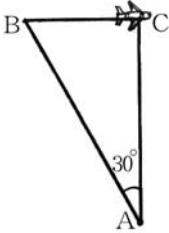



그림 13-24

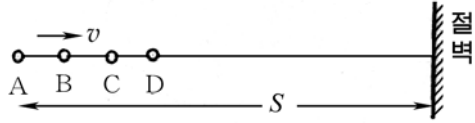



그림 13-25

19. 배가 절벽으로 다가가면서 기적을 울렸더니 10s후에 메아리를 들었다. 그때로부터 5min 지난 다음 기적을 울렸더니 8s후에 메아리를 들었다. 소리의 속도가 340m/s라면 처음에 기적을 울렸을 때 배는 절벽으로부터 얼마나 떨어진 곳에 얼마의 속도로 가고있겠는가?

풀이방향. 그림 13-25에서 A: 배가 첫 기적을 울린 자리, B: 배가 첫 매아리를 들은 자리, C: 배가 두번째 기적을 울린 자리 D: 두번째 메아리를 들은 자리로 된다는 것을 생각하면서 두 경우에 소리가 전파한 거리를 구하려는 거리와 배의 속도로 표시하는 련립방정식을 세우고 풀어라.

(**답.** 약 1705m, 1.2m/s)

20. 긴 강철관의 한끝에 귀를 대고 다른 끝을 땔디니 0.2s사이를 두고 시라고 두번 들렸다. 공기와 강철속에서의 소리의 속도는 각각 340m/s, 6000m/s이다. 강철관의 길이는 얼마였겠는가?

풀이방향. 소리가 두번 들리는것은 소리가 강철과 공기속으로. 퍼질 때 전파속도가 다르기때문이라는것을 생각하여라.

(**답.** 약 72m)

21. 비행기에서 바다밑으로 초음파를 보냈더니 2.8s만에 돌아왔다. 비행기로부터 바다물면까지의 높이는 340m이다. 바다의 깊이를 구하여라. 공기속에서 초음파의 속도는 340m/s이고 바다물속에서의 속도는 1450m/s이다.

풀이방향. 주어진 시간 2.8s는 초음파가 비행기로부터 공기층과 물속을 지나 바다밑바닥까지 퍼지는 시간의 2배와 같다는것을 생각하여라.

(**답.** 580m)

22. 땅우에 멎어있는 사람을 향하여 음원이 60m/s의 속도로 움직

일 때 속도 30m/s인 바람이 음원이 움직이는 방향으로 불고있다. 이때 사람이 듣게 되는 소리의 진동수와 음원의 진동수의 비를 구하여라. 바람이 없을 때 소리의 속도는 330m/s이다.

풀이방향. 바람이 없을 때의 소리의 속도와 바람속도의 합이 사람에 대한 음원의 이동속도로 된다는것을 생각하여라.

(**답**. 1.2)

23. 배가 고동을 울리면서 절벽이 있는 쪽을 향하여 v의 속도로 다가가고있다. 고도의 진동수를 ν_0이라고 하면 이 배에 탄 사람이 메아리를 들을 때 그 진동수는 얼마인가? 소리의 속도는 V이다.

풀이방향. 절벽에 대하여 배가 움직이면 소리가 절벽으로 향하여 퍼질 때에는 관측자가 멎어있고 음원이 움직이는 경우로 된다. 그러나 절벽에서 소리가 반사되여 되돌아올 때에는 음원이 멎어있고 관측자가 이동하는 경우에 해당된다는것을 생각하여라.

(**답**. $\nu = \frac{V+v}{V-v} \cdot \nu_0$)

24. 기적을 울리면서 일정한 속도로 달려오는 기차가 있다. 멎어있는 사람에게는 3060Hz의 속도가 들리고 일정한 속도로 가차와 마주 향하여 달리는 자동차에 탄 사람은 자동차가 기차와 여기기전에는 3132Hz, 어긴 다음에는 2656Hz의 소리로 들었다. 이때 공기속에서의 소리의 속도는 340m/s였다. 기적소리의 진동수, 기차와 자동차의 속도는 얼마인가?

풀이방향. 도플러효과에서 다음과 같은 경우를 생각하여라.

① 멎어있는 관측자에 대하여서는 음원이 다가오는 경우라는것

② 어기기전에는 음원과 관측자가 다 운동하면서 다가오는 경우라는것

③ 어긴 후에는 음원과 관측자가 다 운동하면서 떨어지는 경우라는것

이상의 3개의 방정식을 련립하여 요구하는 값들을 계산하여라.

(**답**. 2880Hz, 20m/s, 8m/s)

25. 용수철흔들이의 진동과 LC 회로의 전기진동에서 요소들의 작용, 진동하는 량들을 비교하여 대응관계를 밝혀라.

풀이방향. 다음 표를 참고로 할것

용수철흔들이의 진동	대응되는 량	LC 회로의 전기진동
용수철의 튐성결수 k 와 추의 질량 m (관성)이 있어 변위, 힘, 속도가 주기적으로변하는 력학적진동이 일어난다.		축전기의 전기용량 C 와 선륜의 유도도 L 가 있어 전기량, 전압, 전류의 세기가 주기적으로 변하는 전기진동이 일어난다.
튐성결수가 크면 튐힘이 커서 속도변화가 빨라진다. $F = kx$	$k \to \frac{1}{C}$ $F \leftrightarrow U$	축전기의 전기용량이 크면 많은 전기량을 담을수 있으므로 전류의 변화시간이 길어진다. $U = \frac{q}{C}$
추의 질량 m 이 력학적관성을 나타낸다.	$m \leftrightarrow L$	선륜의 유도도는 전류의 세기를 유지하려는 <전기적관성>을 나타낸다.
추의 자리 x 가 주기적으로 변한다.	$x \leftrightarrow q$	축전기극판의 전기량 q 가 주기적으로 변한다.
단위시간동안의 변위의 변화는 속도를 나타낸다. $v = \frac{x}{t}$	$v \leftrightarrow I$	단위시간동안의 전기량의 흐름은 전류의 세기를 나타낸다. $I = \frac{q}{t}$
용수철의 자리에네르기와 추의 운동에네르기가 주기적으로 엇바뀐다. $u = \frac{1}{2}kx^2 \rightleftarrows k = \frac{1}{2}mv^2$	$u \leftrightarrow W_{자}$ $K \leftrightarrow W_{자}$	축전기의 전기마당의 에네르기와 선륜의 자기마당의 에네르기가 주기적으로 엇바뀐다. $W_{전} = \frac{1}{2}\frac{1}{C}q^2 \rightleftarrows W_{자} = \frac{1}{2}LI^2$

26. 선륜과 평판축전기로 이루어진 진동회로에서 다음의 경우에 회로의 고유진동수가 어떻게 달라지겠는가?

ㄱ) 축전기의 극판사이의 거리를 멀리하였다.

ㄴ) 축전기의 두 극판사이에 유전체를 끼워넣었다.

ㄷ) 축전기의 충전전압을 높였다.

ㄹ) 선륜에 철심을 더 깊이 밀어넣었다.

ㅁ) 선륜에 감겨있던 선을 풀어서 권회수를 적게 하였다.

ㅂ) 선륜에 흐르는 전류의 세기를 크게 하였다.

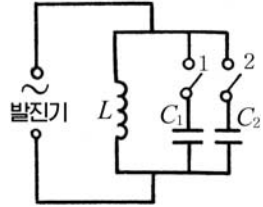
풀이방향. 회로의 고유진동수가 선륜의 유도결수와 축전기의 전기용량의 적의 2차뿌리에 거꿀비례한다는것과 우의 매 경우에 유도결수와 전기용량이 어떻게 변하는가를 생각하여라.

27. 라지오수신기의 입구동조회로에서 선륜의 유도결수가 130μH 일 때 가변축전기의 전기용량을 얼마로 조절하여야 중파 819kHz인 조선중앙방송을 선택하겠는가?

풀이방향. 진동회로의 고유진동수공식에서 축전기의 전기용량값을 구하여라.

28. 그림 13-26과 같은 회로에서 스위치 1만 닫으면 발진기의 주파수가 800Hz일 때 공진이 일어나고 스위치 2까지 닫으면 200Hz일 때 공진이 일어난다. $c_1=4\times10^{-8}$F라면 c_2은 얼마이겠는가?

그림 13-26

풀이방향. 전기공진은 발진기의 주파수가 화로의 고유진동수와 같을 때 일어난다는것을 생각하면서 진동회로의 주파수공식을 리용하여라.

(**답**. 0.6μF)

29. 선륜의 유도인 전자기파를 받아들이려고 한다. 회로의 가변축전기의 전기용량을 최소로부터 최대 얼마까지 변화시킬수 있어야 하겠는가?

풀이방향. 입구공진회로의 고유진동수가 받아들이려는 전자기파의 진동수와 같을 때 공진이 일어난다는것을 생각하여라.

(**답**. 약 31pF-233pF)

30. 전기진동이 전파되는것이 전자기파라고 하는 표현과 전자기마당이 전파되는것이 전자기파라고 하는 표현이 본질에서 같다. 왜 그런가?

풀이방향. 일반적으로 한 곳에서 생긴 진동이 다른 곳으로 전파하는 현상이 파동이라는 의미에서 첫째 표현을 쓴다. 전기진동은 본질에서 축전기극판에서 전기량이 쌓이면서 극판사이의 전기마당이 변하며 축전기가 방전할 때 선륜의로 변하는 전류가 흐르면서 선륜의 자기마당이 변하는 과정이다. 이때 변하는 전기마당과 변하는 자기마당이 퍼져나간다는것을 생각하여라.

31. 송신안테나에서 내보내는 전자기파를 잘 받으려면 수신안테나를 송신안태나에 수직으로 세워야 하는가 평행으로 세워야 하는가?

풀이방향. 송신안테나에서 복사하는 전자기파가 수신안테나에 흡수되여 유도전류를 흐르게 하는 과정을 생각하여라.

(**답**. 평행으로 세워야 한다.)

32. 극장에서 배우가 보르는 노래를 한 사람은 극장안에서 배우로부터 34m 떨어진 곳에서 듣고 다른 사람은 300km 떨어진 곳에서 TV로 시청하고있다. 어느 사람이 소리를 먼저 듣게 되겠는가? 소리의 전파속도는 340m/s이다.

풀이방향. 극장안에서는 배우의 노래소리가 공기속으로 340m/s의 속도로 퍼져 관람자의 귀에까지 이른다. TV시청자에게는 극장에서부터 전자기파의 전파속도로 퍼져간다는것을 생각하여라.

(**답**. 극장의 관람자는 0.1s후에 TV 시청자는 0.001s후에 들으므로 TV시청자가 먼저 듣는다.)

33. 다음 글의 빈자리에 알맞는 내용을 써넣어라.

레이다에 쓰이는 전자기파는 탐지대상이 있는 곳에 □보낼수 있는것이여야 한다. 그러므로 될수록 □가 큰 전자기파가 좋다. 그러나 안개나 구름속으로도 통과할수 있어야 한다는 점에서 보면 빛보다도 □이 큰 전자기파가 좋다. 그러므로 대채로 □이 수m보다는 작고 수mm보다는 큰 전자기파가 쓰인다. 이런 전자기파를 □라고 부른다.

풀이방향. 레이다용전자기파는 목표에 될수록 곧추 가야 하므로 에돌지 않게 파장이 짧아야 하며 동시에 안개나 구름속으로도 통과할수 있어야 하므로 파장이 장애물립자의 크기보다 커야 한다.

이런 전자기파를 극초단파(또는 초고주파)라고 부른다는것을 생각하여라.

34. 레이다에서 내쏘는 임플스의 지속시간은 1㎲이고 이런 임플스를 1s동안에 1000개 내쏜다. 최대 및 최소탐지거리를 구하여라.

풀이방향. 하나의 임플스를 내쏜 순간부터 다음번 임플스를 내쏘는 순간까지의 시간간격사이에 전자기파를 목표까지 갔다오는 거리가 최대거리이며 한개 임플스의 지속시간에 전자기파가 목표까지 갔다오는 거리가 최소거리로 된다는것을 생각하여라.

(**답**. $S_{최대}=150\text{km}$, $S_{최소}=150\text{m}$)

제14장. 빛

제1절. 빛의 전파법칙과 리용

1. 빛의 직진

빛을 내는 물체를 **광원**이라고 부른다.

빛이 전파되는 물질을 **매질**이라고 부른다. 밀도가 고르로운 매질에서 빛은 곧추 퍼진다. 이것을 **빛의 직진법칙**이라고 부른다.

빛이 전파되는 방향으로 그은 선을 **빛선**이라고 부른다.

그림 14-1. 그림자

빛이 직진하기때문에 물체를 닮은 그림자가 생긴다.

광원이 클 때에는 속그늘과 걸그늘이 생긴다.(그림 14-1)

빛이 직진하는 성질을 리용하여 바늘구멍사진기를 만들어 사진을 찍는다.(그림 14-2)

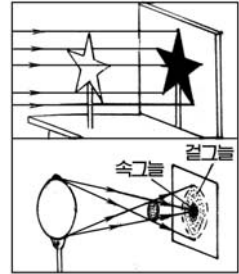
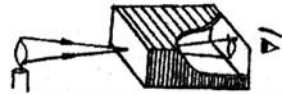



그림 14-2. 바늘구멍사진기

2. 빛의 반사

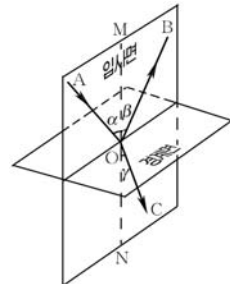
1) 반사법칙

한 매질속에서 곧추 가던 빛이 다른 매질의 경계면에서 방향을 바꾸어 되돌아나오는것을 **빛의 반사**라고 부른다.(그림 14-3)

그림 14-3. 빛의 반사와 굴절

빛의 반사법칙

① 반사빛선(OB)은 입사빛선(AO)과 함께 입사면우에 놓인다.

② 반사각은 입사각과 같다.($\alpha=\beta$)

2) 정반사와 란반사

매끈한 면에 일정한 방향으로 들어온 빛이 반사법칙에 따라 일정한 방향으로 반사되는것을 **정반사** 또는 **거울반사**라고 부른다.(그림 14-4의 ㄱ)

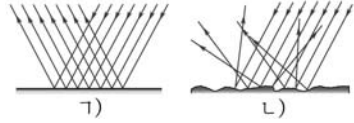



그림 14-4. 정반사와 란반사

거친 면에 일정한 방향으로 들어온 빛이 여러 방향으로 반사되는것을 **란반사**라고 부른다.(그림 14-4의 ㄴ)

3) 거 울

(1) 평면거울

빛을 정반시키는 매끈한 평면을 **평면거울**이라고 부른다.

거울에 비쳐보이는 물체의 모습을 거울에 의한 물체의 **영상**이라고 부른다.

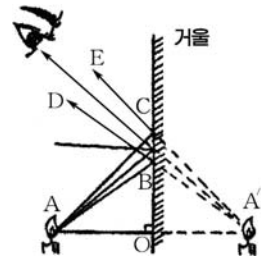



그림 14-5. 평면거울에 의한 영상

평면거울에 의한 물체의 영상은 거울뒤에 있으며 거울로부터 물체와 영상까지의 거리는 같다.(그림 14-5)

(2) 곡면거울

빛을 잘 반사시키는 매끈한 곡면을 **곡면거울**이라고 부른다.

빛을 반사시키는 곡면이 오목한 거울을 **오목거울**, 볼록한 거울을 **볼록거울**이라고 부른다.

평행빛선이 오목거울에서 반사한 다음 모여드는 점을 **초점**이라고 부는다.(그림 14-6의 ㄱ) 이 성질을 리용하여 태양가마를 만든다.

오목거울의 초점에 광원을 놓으면 거울에서 반사한 빛선들은 평행으로 된다.(그림 14-6의 ㄴ) 이 성질은 빛을 멀리까지 보내는 반사경에 쓰인다.

볼록거울에서 빛은 헤쳐진다.

평행빛선이 볼록거울에서 반사되여나가는 빛선들을 반대쪽으로 연장하면 한 점

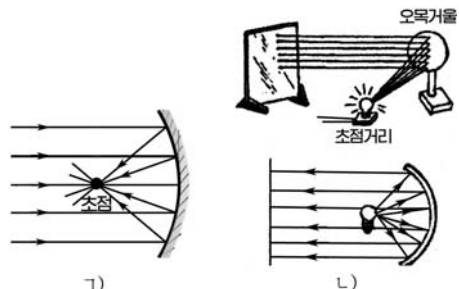



그림 14-6. 오목거울의 초점

에서 사귄다.

반사빛들은 이 점으로부터 나오는것처럼 보이는데 이 점을 **볼록거울의 초점**(허초점)이라고 부른다.(그림 14-7)

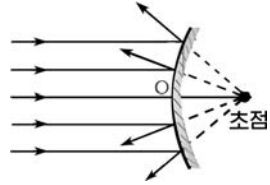



그림 14-7. 볼록거울의 초점

(3) 구면거울의 공식

빛을 반사시키는 곡면이 구면인 거울을 **구면거울**이라고 부른다.

그림 14-8에서 보는것처럼 구면거울에서 거울로부터 물체(또는 광원)까지의 거리(PS)를 a, 영상까지의 거리(PS′)를 b, 구면의 반경을 R, 초점거리를 f라고 하면 다음과 같은 식을 얻는다.

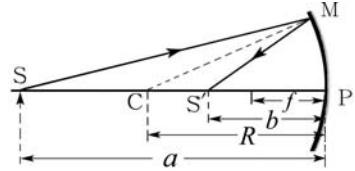



그림 14-8. 구면거울의 공식

$$\boxed{\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{2}{R}} \qquad (1)$$

빛축에 평행인 빛선이 입사하는 경우 $a=\infty$ 또는 $1/a=0$ 이므로 식 1은 $b=R/2$ 로 된다. 빛축에 평행인 빛선이 거울에서 반사된후 빛축과 만나는 점은 거울의 초점이므로 초점거리는 $f=R/2$ 로 되며 식 1은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\boxed{\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}} \qquad (2)$$

식 1과 2를 **구면거울의 공식**이라고 부른다.

3. 빛의 굴절

1) 굴절법칙과 굴절률

빛이 서로 다른 매질의 경계면을 지날 때 전파방향이 꺽이여 들어가는 현상을 **빛의 굴절**이라고 부른다.(그림 14-3)

빛의 굴절법칙

① 굴절빛선(OC)은 입사빛선(AO)과 함께 입사면우에 놓인다.

② 입사각의 시누스를 굴절각의 시누스로 나눈 값은 입시각에 관계없이 일정하다.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=n\ (\text{일정})$$

굴절률

빛이 진공(또는 공기)으로부터 다른 매질속으로 퍼지면서 굴절될 때 입사각의 시누스를 굴절각의 시누스로 나눈 값 n을 그 매질의 **굴절률**이라고 부른다. 굴절률은 진공속에서의 빛속도 c를 그 매질속에서의 빛속도 v로 나눈 값과 같다.

$$\boxed{n=\frac{c}{v}}$$

첫째 매질 즉 입사빛선이 지나가는 매질이 진공이 아닌 경우에는 첫째 매질의 굴절률을 n_1, 둘째 매질의 굴절률을 n_2라고 하면 굴절법칙은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\boxed{\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=\frac{n_2}{n_1}}$$

이 식에서 n_2/n_1을 첫째 매질에 대한 둘째 매질의 **상대굴절률**이라고 부른다.

두 매질을 비교할 때 굴절률이 작은 매질을 광학적으로 **성긴 매질**이라고 부르며 굴절률이 큰 매질을 광학적으로 **밴 매질**이라고 부른다.

2) 전반사와 그 리용

빛이 광학적으로 밴 매질로부터 성긴 매질로 입사할 때 입사각이 어떤 값보다 커지면 입사빛이 모두 빛반사되는 현상을 **전반사**라고 부른다.

굴절각이 90°로 될 때의 입사각을 **림계각**이라고 부른다.

굴절률이 n인 매질로부터 진공(또는 공기)속으로 빛이 들어갈 때에 림계각에 대하여 다음 식이 성립한다.

$$\boxed{\sin\alpha_{림}=\frac{1}{n}}$$

$n=1.5$인 유리의 림계각은 $\sin\alpha_{림}=\frac{1}{n}=$ $=\frac{1}{1.5}\approx 0.667$이므로 $\alpha_{림}\approx 41.8°$이다.

전반사현상은 빛선의 전파방향을 바꾸는데 리용된다.

그림 14-9와 같은 전반사프리즘은 잠망

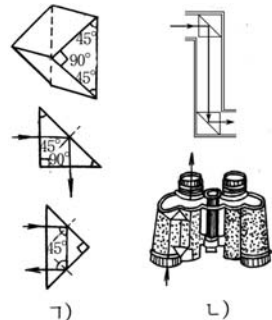



그림 14-9. 전반사프리즘

경, 쌍안경, 교육용투영기 등에 리용된다.

전반사현상을 리용하여 빛섬유를 만든다.

굴절률이 큰 석영유리나 투명수지로 된 가는 속줄걸면에 굴절률이 보다 작은 물질을 입힌것을 **빛섬유**라고 부른다.

빛섬유는 통신, 내시경, 장식, 조명, 감시, 소재의 가공 등 여러 분야에 쓰이고있다.

제2절. 렌즈와 그 리용

1. 렌즈와 그의 작용

투명한 물체의 두 걸면이 매끈한 구면이거나 한쪽 걸면은 평면이 되게 만든 광학요소를 **렌즈**라고 부른다.

렌즈의 두 걸면의 구면중심을 이은 직선을 **렌즈의 빛축**이라고 부른다.

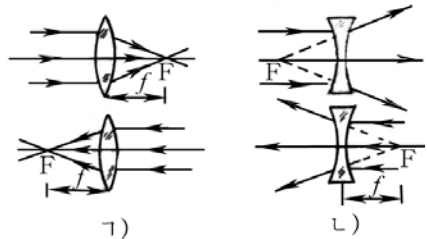
가운데가 변두리보다 두터운 렌즈를 **볼록렌즈**, 반대로 가운데가 변두리보다 얇은 렌즈를 **오목렌즈**라고 부른다.

볼록렌즈는 빛을 모으며(수렴렌즈) 오목렌즈는 빛을 헤쳐지게 한다.(발산렌즈)

볼록렌즈의 빛축에 평행인 빛을 비쳤을 때 렌즈를 지난 다음 모이는 빛축우의 점을 **초점**이라고 부르고 렌즈의 중심으로부터 초점까지의 거리를 **초점거리**라고 부른다.(그림 14-10의 ㄱ)

그림 14-10. 렌즈의 초점과 초점거리

오목렌즈의 빛축에 평행인 빛을 비추면 헤쳐진다. 이 헤쳐진 빛선들을 반대쪽으로 연장하면 빛축우의 한 점에서 사귄다. 이 점이 오목렌즈의 초점(허초점)이다.(그림 14-10의 ㄴ)

렌즈는 앞, 뒤의 각각 같은 거리에 초점이 있다.

2. 렌즈에 의한 영상, 렌즈의 공식

물체의 한 점에서 나간 여러개의 빛선이 렌즈를 지난 다음 모여드는 점을 물체의 **영상점**이라고 부른다.

물체의 매 부분들의 영상점들이 모여서 물체 전체의 영상을 이룬다.

1) 영상을 그리는데 쓰이는 빛선들 (그림 14-11)

① 렌즈의 빛축에 평행으로 렌즈를 지난 다음 렌즈의 뒤초점 F' 를 지나는 빛선(그림 ㄱ)

② 렌즈의 앞초점을 거쳐 들어가 렌즈를 지난 다음 렌즈의 빛축에 평행으로 나가는 빛선(그림 ㄱ)

③ 렌즈의 중심을 향하여 들어가서 방향을 바꾸지 않고 곧추 지나가는 빛선(그림 ㄷ)

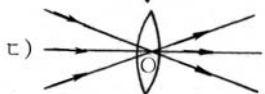
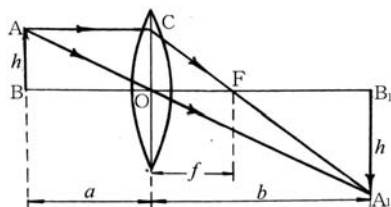



그림 14-11. 영상그리기에 쓰이는 빛선들

2) 렌즈의 공식

렌즈로부터 물체까지의 거리를 a, 영상까지의 거리를 b, 렌즈의 초점거리를 f 라고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.(그림 14-12)

그림 14-12. 렌즈의 공식 알아보기

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

이것을 **렌즈의 공식**이라고 부른다.

※ 굴절률이 n 인 물질로 두 구면의 반경이 R_1, R_2 가 되게 만든 렌즈의 공식은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$

이 식에서 광학적세기는 $A=\frac{1}{f}(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$ 이다.

렌즈의 배률

영상의 크기가 물체의 크기의 몇배인가를 나타내는 량을 **렌즈의 배률**이라고 부른다. 그림 14-12에서 렌즈의 배률은 다음과 같이

표시된다.

$$N=\frac{h_1}{h}=\frac{b}{a}$$

렌즈의 광학적세기

렌즈가 빛을 얼마나 세게 굴절시키는가를 나타내는 량인 $A=\frac{1}{f}$ 을 **렌즈의 광학적세기**라고 부른다.

광학적세기의 단위는 1D(디오프트리)이다.

1D는 초점거리가 1m인 렌즈의 광학적세기이다. 즉 1D=1m

3) 실영상과 허영상

렌즈의 공식으로부터 $b=\frac{af}{a-f}$ 를 얻는다.

볼록렌즈에서는 a와 f는 언제나 정(+)의 값을 가진다.

$a>f$ 이면 $b>0$ (+)

이때에는 물체의 한 점 M에서 나온 빛선들이 렌즈를 지나 다시 한 점 M′에 모여 영상을 맺는다.(그림 14-13의 ㄱ)

빛선들이 퍼져나가다가 직접 사귀여 얻어지는 영상을 **실영상**이라고 부른다.

$a<f$ 이면 $b<0$ (−)

이때에는 물체의 한 점 M에서 나온 빛선들이 렌즈를 지나 모이지 않는다. 그러나 빛선들을 전파방향과 반대로 연장하면 한 점

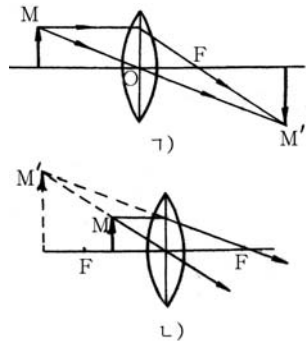
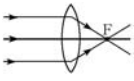
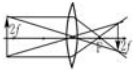
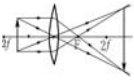
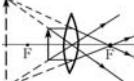
M′에서 사귄다.(그림 14-13의 ㄴ)

빛선들이 퍼져나가는 길에서 직접 사귀지 않으나 반대로 연장하였을 때 사귀여 얻어지는 영상을 **허영상**이라고 부른다.

그림 14-13. 실영상과 허영상

오목렌즈에서는 f가 부의 값(허초점)을 가지므로 b의 값은 언제나 부의 값을 가진다.

따라서 오목렌즈에 의한 영상은 언제나 허영상이다.

볼록렌즈에서 물체까지의 거리에 따르는 영상의 변화는 다음 표와 같다.

번호	물체까지의 거리 a	영상까지의 거리 b	배률 N	영상의 특성	영상 각도	리용
1	$a \to \infty$	$b \to f$	$N \to 0$	초점거리에 점으로 생긴 실영상		천체망원경의 대물렌즈
2	$\infty > a > 2f$	$f < b < 2f$	$N < 1$	거꾸로 선 축소된 실영상		사진기, 망원경의 대물렌즈
3	$2f > a > f$	$2f < b < \infty$	$N > 1$	거꾸로 선 확대된 실영상		환등기, 영사기 현미경의 대물렌즈
4	$a < f$	$b < 0$ $\|b\| > a$	$N > 1$	확대된 바로선 허영상		확대경, 망원경 현미경의 대안렌즈

3. 렌즈의 리용

1) 안경

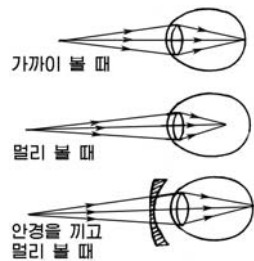
수정체의 초점거리를 변화시켜 멀거나 가까운 곳의 물체의 영상이 언제나 망막에 맺히도록 하는 작용을 **눈의 조절작용**이라고 부른다.

수정체가 최대로 볼록해졌을 때 똑똑히 볼수 있는 제일 가까운 점을 **눈의 근점**이라고 부른다. 정상적인 눈의 근점은 눈으로부터 약 10cm 떨어진 곳이다.

모양근의 긴장이 없이 물체를 똑똑히 볼수 있는 가까운 거리를 **잘보임거리**라고 부른다. 정상적인 눈의 잘 보임거리는 25cm정도이다.

○ 눈의 조절작용이 잘 안되여 가까이만 잘 보고 멀리는 잘 보지 못하는 눈을 근시안이라고 부른다. 근시는 오목렌즈로 된 안경을 끼면 물체도 잘 볼수 있다.(그림 14-14)

그림 14-14. 근시안과 근시안경

○ 반대로 멀리는 잘 보지만 가까이를

잘 보지 못하는 눈을 원시안이라고 부른다. 원시는 볼록렌즈로 된 안경을 끼면 가까운 물체도 잘 볼수 있다. (그림 14-15)

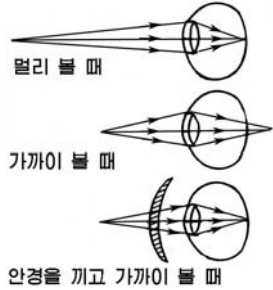



그림 14-15. 원시안과 원시안경

○ 사람이 늙어서 눈의 조절작용이 약해진 눈을 **로안**이라고 부른다. 로안은 멀리 있는 물체는 제대로 보지만 가까운 물체를 잘 보지 못한다. 그러므로 가까운 물체를 볼 때에는 볼록렌즈로 된 돋보기 안경을 낀다. 돋보기안경을 끼면 가까운데는 잘 보지만 먼데는 잘 보지 못한다.

2) 사진기

사진기는 볼록렌즈로 멀리 있는 물체의 축소된 실영상을 얻어 필림에 기록하는 기구이다.

사진기에서는 렌즈를 앞뒤로 나들게 하여 비춤판에 똑똑한 영상이 맺히게 한다.

3) 투영기

투영기는 비춤판에 물체(필림, 사진, 그림, 실물 등)의 확대된 실영상을 얻는 광학기구이다. 확대해보려는 물체를 투영렌즈의 초점가까이에 놓고 확대된 실영상을 멀리 있는 비춤판에 받아서 본다.

투영기에는 필림환등기, 교육용투영기, 영사기 등 여러가지가 있으나 원리는 같다.

4. 광학기구의 배률

1) 확대경

물체의 끝점들에서 눈의 중심으로 오는 빛선사이의 각을 시각이라고 부른다. 물체가 클수록, 그리고 가까이 있는 물체일수록 시각이 커서 잘 보인다. (그림 14-16)

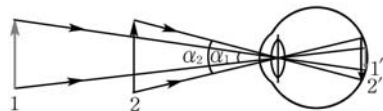



그림 14-16. 시각

확대경은 작은 물체를 확대하여 보기 위한 초점거리가 짧은 볼록렌즈이다.

확대경에서는 물체(h)를 렌즈와 초점사이에 놓고 이때 확대된

허영상(h_1)이 잘보임거리에 생기도록 조절한다.(그림 14-17)

광학기구로 물체의 영상을 보는 시각 α 를 물체를 눈으로 직접 보는 시각 α_0 으로 나눈 값을 **광학기구의 배률**이라고 부른다.

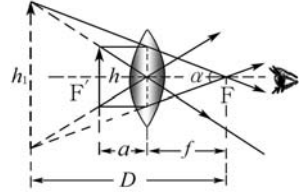



그림 14-17. 확대경의 원리

$$N = \frac{\alpha}{\alpha_0}$$

확대경의 배률은 다음과 같다.

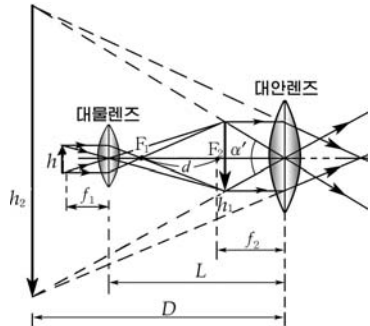
$$N = \frac{D}{f}$$

D: 잘보임거리(25cm), f: 초점거리

2) 현미경

현미경은 매우 작은 물체의 확대된 허영상을 보는 광학기구이며 초점거리가 짧은 대물렌즈와 확대경의 작용을 하는 대안렌즈로 되여있다. 데물렌즈로 얻은 물체 h 의 확대된 실영상 h_1 를 대안렌즈로 확대한 허영상 h_2 가 잘보임거리에 놓이도록 조절하고 본다.(그림 14-18)

그림 14-18. 현미경의 원리

현미경의 베률은 대물렌즈의 배률(N_1)과 대안렌즈의 배률(N_2)를 곱한것과 같다.

$$N = N_1 \cdot N_2$$

현미경의 경통의 길이를 L 이라고 하면 배률은 다음과 같다.

$$N = \frac{DL}{f_1 \cdot f_2}$$

f_1 : 대물렌즈의 초점거리, f_2 : 대안렌즈의 초점거리
D : 잘보임거리

3) 망원경

망원경은 먼곳에 있는 물체의 허영상을 가깝게 당겨서 보는 광학기구이다.

망원경에는 여러가지가 있으나 가장 간단한것은 두개의 볼록렌즈로 되여있다.

초점거리가 긴 대물렌즈를 초점가까이에 거꾸로 선 작아진 실영상 h_1 를 맺는다. 이 실영상이 초점거리가 짧은 대안렌즈의 초점안에 놓이게 되여 확대된 허영상 h_2 를 눈으로 직접 볼수 있다.(그림 14-19)

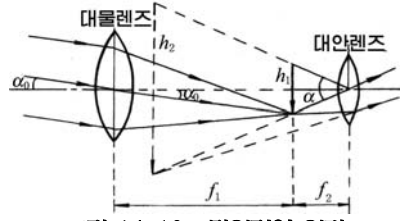



그림 14-19. 망원경의 원리

망원경의 배률은 대물렌즈의 초점거리(f_1)를 대안렌즈의 초점거리(f_2)로 나눈 값과 같다.

제3절. 빛측정량

1. 빛흐름

어떤 면으로 1s동안에 흘러드는 빛의 량(빛이 나르는 에네르기)을 **빛흐름**이라고 부른다. 빛흐름은 문자 ϕ로 표시한다.

2. 비침도

빛을 받는 면의 단위면적에 흘러드는 빛흐름을 **비침도**라고 부른다.

$$E = \frac{\phi}{S}$$

비침도는 면에 빛이 비쳐지는 정도를 나타내는 량이다.

비침도가 클수록 면은 밝게 보인다.

3. 빛세기

광원으로부터 어떤 방향의 단위립체각안으로 흐르는 빛의 흐름을 **광원의 빛세기**라고 부른다.

※ 한 점에 정점을 둔 원뿔면으로 둘러싸인 공간의 부분을 **립체각**이라고 부른다.

립체각의 단위는 1Sr(스테라디안)이다.

1Sr은 반경이 r 인 구의 중심에서 바라다보는 구면의 면적이 r^2 일 때의 립체각이다.(그림 14-20)

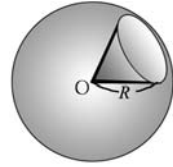



그림 14-20. 립체각

점둘레의 모든 공간의 립체각은 4π Sr이다. 즉 립체각

$$\Omega = \frac{S_0}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi\ (\mathrm{Sr})$$

∴ 빛세기 $I = \frac{\phi}{\Omega} = \frac{\phi_0}{4\pi}$ (ϕ_0: 광원의 전체 빛흐름)

4. 비침도의 법칙

1) 빛을 수직으로 받는 면의 비침도

광원의 전체 빛흐름을 ϕ_0이라고 하면 반경이 r 인 구면의 비침도는

$$E_0 = \frac{\phi_0}{S_0} = \frac{\phi_0}{4\pi r^2}$$

이 식에 $I = \frac{\phi_0}{4\pi}$ 을 갈아넣으면

$$\boxed{E_0 = \frac{I}{r^2}}$$

2) 빛을 경사지여 받는 면의 비침도

$$\boxed{E = \frac{I}{r^2}\cos\alpha}$$

E: 비침도, I: 광원의 빛세기, α: 입사각

r: 광원으로부터 빛을 받는 면까지의 거리

면의 비침도는 광원으로부터 면까지의 거리의 두제곱에 거꿀비례하고 빛세기와 입사각의 코시누스에 비례한다. 이것을 **비침도의 법칙**이라고 부른다.

5. 빛측정량의 단위

국제단위계에서 빛측정량의 단위는 빛세기의 단위를 기본단위으로 정하고 그로부터 다른 단위들을 유도한다.(그림 14-21)

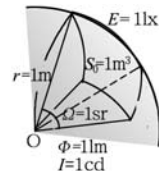



그림 14-21. 빛측정량의 단위

① 빛세기의 단위는 1cd(칸데라)

이다. 1cd는 국제측량원기에서 나오는 빛세기를 기준으로 하여 정하였다.

② 빛흐름의 단위는 1lm(루멘)이다. 1lm은 빛세기가 1cd인 광원으로부터 1Sr의 립체각속으로 흘러가는 빛흐름과 같다.

③ 비침도의 단위는 1lx(룩스)이다. 1lx는 $1m^2$의 면적에 1lm의 빛흐름이 떨어질 때의 비침도와 같다.

제4절. 빛의 파동적성질

1. 빛의 간섭

1) 빛의 간섭에 대한 양그의 실험

그림 14-22와 같이 하나의 실틈 S_0에서 갈라져나온 빛을 두개의 실틈 S_1, S_2로 통과시키면 비침판에는 실틈에 평행인 밝은 띠들이 나타난다.

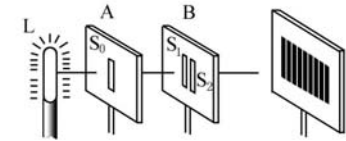
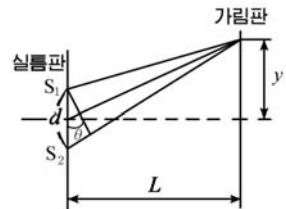



그림 14-22. 양그의 빛의 간섭실험

이것은 빛이 파동이라면 하나의 파원 S_0에서 갈라져나온 두 파원 S_1, S_2은 간섭성파원으로 되여 두 실틈을 지난 빛이 겹쳐서 간섭무늬가 나타난다는것을 의미한다.

진동수가 같고 자리각차가 일정한 두 빛파동이 겹쳐서 밝고 어두운 자리가 엇바뀌여 무늬가 나타나는 현상을 **빛의 간섭**이라고 부르며 이때 나타난 무늬를 **빛의 간섭무늬**라고 부른다.

그림 14-23. 밝은 띠와 어두운 띠가 생기는 자리

그림 14-23에서 보는것처럼 S_1와 S_2의 거리차는 $d\sin\theta$인데 θ가 대단히 작으므로 $d\sin\theta = \frac{dy}{L}$이다. 그러므로 밝은 띠가 생기는 자리는

$$\boxed{d \cdot \frac{y_{밝}}{L} = k\lambda}$$

어두운 띠가 생기는 자리는

$$\boxed{d = \frac{y_{어}}{L} = (2K+1)\cdot\frac{\lambda}{2}} \qquad (k = 0, 1, 2, \cdots)$$

2) 얇은 막에 의한 빛의 간섭

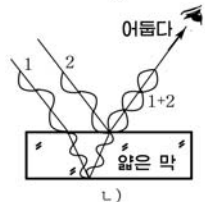
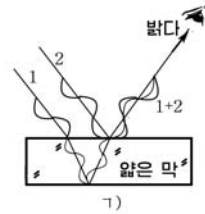
빛이 얇은 막을 비칠 때 빛의 일부는 막의 웃면에서 반사되고 일부는 막속으로 굴절되여 들어가 아래면에서 반사된후 웃면에서 다시 굴절되여나간다.(그림 14-24)

그림 14-24. 얇은 막에 의한 빛의 간섭

이 두 갈래의 빛파동의 마루와 마루(또는 골과 골)가 중첩되는 곳은 밝게 보이고(그림 ㄱ) 마루와 골이 중첩되는 곳은 어둡게 보인다.(그림 ㄴ)

이때 간섭결과 극대, 극소조건을 따지기 위하여 거리차를 구할 때 다음과 같은것을 고려하여야 한다.

① 기하학적길이에 매질의 굴절률을 곱하여야 한다.

② 파동이 밴 매질에서 반사될 때 반파장의 변화를 고려하여야 한다.

2. 빛의 에돌이

빛이 지나가는 길에 물체(또는 틈)가 놓여있을 때 빛이 그것을 에돌아가는것을 **빛의 에돌이**라고 부르며 이때 나타나는 무늬를 **에돌이무늬**라고 부른다.

요소파의 원리에 의하면 실틈면에 이른 빛파동의 파면우의 매 점은 요소파의 파원으로 되며 이 요소파원들은 간섭성파원들이므로 공간의 임의의 점에서 중첩되면 간섭을 일으킨다.(그림 14-25)

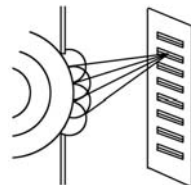



그림 14-25. 요소파들의 간섭으로 에돌이무늬가 생긴다

즉 에돌이무늬는 요소파들이 중첩되여 이루어진 간섭무늬이다.

실틈이 좁을수록 에돌이무늬가 더 커지고 더 잘 나타난다. 이

것은 장애물이 매우 작을수록 빛의 파동성이 더 잘 나타나며 한편 빛의 파장이 매우 짧다는것을 의미한다.

현실적으로 하나의 실틈보다도 여러개의 실틈에 의한 에돌이무늬가 쓰인다. 수많은 좁은 실틈들을 일정한 사이를 두고 나란히 배치하여 만든것을 **에돌이살창**이라고 부른다.

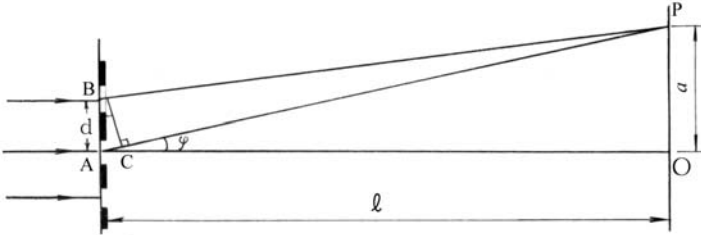



그림 14-26. 에돌이살창에서 빛의 에돌이

에돌이살창에서 틈사이의 거리(살창상수라고 부른다.)와 에돌이각을 재여 빛의 파장을 알아낼수 있다. 그림 14-26에서 보는것처럼 에돌이각을 φ라고 하면 밝은 무늬가 생길 극대조건은

$$d\sin\varphi = k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \cdots)$$

로 된다. 여기서 $\sin\varphi = \frac{a}{l}$ 이므로 웃식은

$$d \cdot \frac{a}{l} = \lambda k$$

로 된다.

3. 빛의 극쏠림

가로파에서는 한 파선에 대하여 진동방향이 여러가지 있을수 있다. 이 가운데서 한 방향으로만 진동하는 파동을 얻을수 있는데 이런 파동을 **극쏠림된 파동**이라고 부른다.

세로파에서는 파의 전파방향으로 진동하기때문에 극쏠림현상이 나타나지 않는다.

그런데 빛에서는 쏠림현상이 나타난다. 극쏠림된 빛파동을 **쏠림빛**이라고 부른다.

태양빛이나 전등빛과 같이 보통광원에서 나오는 빛도 모든 방향에 따라 진동하며 각 방향에 따라 진동하는 빛의 세기는 같다.

모든 방향으로 진동하는 빛을 **자연빛**이라고 부른다.

그림 14-27과 같이 자연빛이 첫 빛쏠림판을 자나면 틈의 방향과 같은 진동방향을 가진 쏠림빛만 통과한다. 두번째 빛쏠림판을 돌리면서 그뒤에서 관찰하면 두 빛쏠림판의 극쏠림방향이 같을 때는 통과한 빛의 세기가 크고 수직인 때는 제일 약하다.

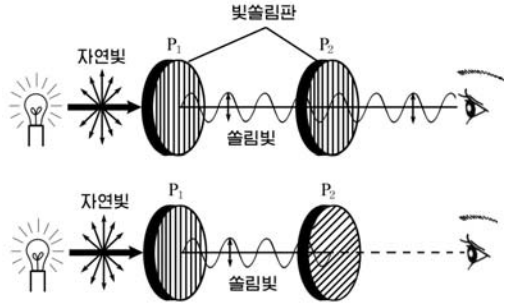



그림 14-27. 쏠림빛을 얻는 실험

이 실험을 통하여 빛은 가로파라는것을 알수 있다.

빛이 반사될 때에는 극쏠림된다.

반사빛이 극쏠림되는 정도는 입사각에 관계된다.

입사각의 탕겐스가 빛을 반사시키는 매질의 굴절률과 같을 때 반사각은 완전히 극쏠림된다.

이 각을 **완전빛쏠림각** 또는 **브류스터각**이라고 부른다.

즉
$$\tan\alpha_{완} = n$$

빛쏠림현상을 사진촬영과 립체영화에 리용된다.

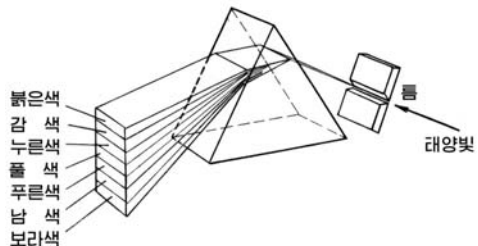
4. 빛의 분산

1) 빛의 분산

해빛이나 전등빛을 프리즘으로 지나보내고 그 빛을 비춤판에 받아보면 여러가지 색빛들로 갈라진다.(그림 14-28)

흰색빛이 여러가지 색빛들로 갈라지는 현상을 **빛의 분산**이라고 부르고 여러가지 색빛들로 갈라져 생긴 색늬를 **빛스펙트르**라고 부른다.

그림 14-28. 프리즘에 의한 빛의 분산

빛이 분산되는것은 빛이 색갈에 따라 파장이 다르고 물질의 굴절률이 빛의 파장에 따라 다르기때문이다.

파장이 380～760nm인 눈에 보이는 여러가지 색갈의 빛을 **보**

임빛이라고 부른다.

진공속에서 여러가지 색빛들의 파장과 진동수의 범위는 다음표와 같다.

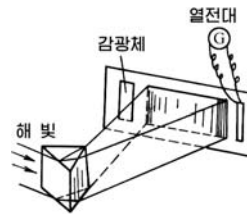
색	파장(nm)	진동수(10^{14}Hz)
붉은색빛	760～620	3.9～4.8
감색빛	620～590	4.8～5.1
누른색빛	590～560	5.1～5.4
풀색빛	560～510	5.4～5.9
푸른색빛	510～450	5.9～6.7
남색빛	450～430	6.7～6.9
보라색빛	430～380	6.9～7.9

2) 적외선과 자외선

스펙트르의 붉은색빛구역밖에 놓이는 눈에 보이지 않는 빛을 **적외선**, 보라색빛구역밖에 놓이는 보이지 않는 빛을 **자외선**이라고 부른다.(그림 14-29)

그림 14-29. 적외선과 자외선의 작용

적외선은 열작용을 하며 붉은색빛보다 파장이 길기때문에 에돌이현상이 강하게 나타나 구름, 안개, 연기, 먼지 등을 잘 통과한다.

자외선은 사진작용과 같은 화학작용, 형광작용, 살균소독작용 등을 한다.

3) 물체의 색갈

(1) 빛의 3원색

붉은색, 풀색, 남색빛을 **빛의 3원색**이라고 부른다.

3원색을 같은 세기로 고루 섞으면 흰색빛이 얻어진다.

우리가 보는 모든 색은 이 3원색빛을 여러가지 비률로 섞어 얻을수 있다.(그림 14-30) 대표적인 실례로 색TV에서 여러가지 색을 얻는것을 들수 있다.

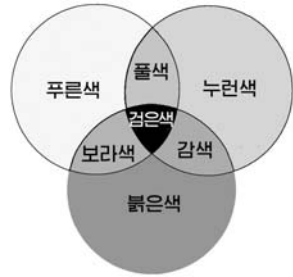
그림 14-30. 3원색빛의 합성

(2) 물체의 색갈

· 투명체의 색갈은 그것이 통과시키는 색빛에 의하여 결정된다.

· 불투명체의 색갈은 그것이 반사하는 색빛에 의하여 결정된다.

(3) 색감의 3원색

그림 14-31. 색감의 3원색

붉은색, 누른색, 푸른색을 **색감의 3원색**이라고 부른다. 두 원색을 섞는 비률에 따라 여러가지 색들을 얻을수 있다.(그림 14-31)

색감의 3원색은 빛의 3원색과 그 구성에서 다를뿐아니라 섞을 때 나타나는 결과에서도 다르다.

색감의 3원색의 성질은 색그림, 색사진, 색인쇄 등에 리용된다.

5. 렌트겐선(X)선

1) 련속렌트겐선

렌트겐선은 자외선보다 파장이 더 짧은 전자기파이다.

렌트겐선은 렌트겐관으로 얻을수 있다.

그림 14-32와 같이 공기를 뽑은 유리관속에 음극과 양극을 설치하고 수십kV의 높은 전압을 걸어주면 음극에서 나온 전자들이 가속되여 매우 빠른 속도로 양극에 충돌하여 멎을 때 파장이 매우 짧은 전자기파가 나오는데 이것이 렌트겐선이다. 이때 나오는 렌트겐선은 그의 세기가 가속전압에 의존하며 파장이 련속적으로 변한다. 이런 렌트겐선을 **련속렌트겐선**이라고 부른다.

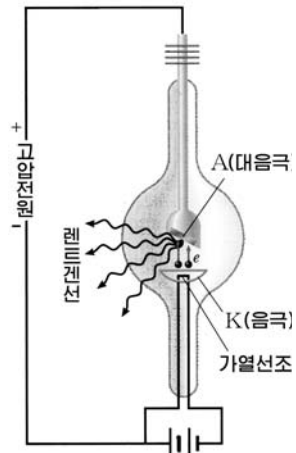



그림 14-32. 렌트겐관

2) 특성렌트겐선

가속전압의 어떤 한계를 넘으면 파장이 어떤 값들에서는 렌트겐선의 세기가 급격히 커지면서 불련속적인 값을 나타낸다. 양극을 만든 물질의 종류에 따라 가속전압과 불련속적인 파장값들이 달라진다.

렌트겐선의 세기와 파장이 불련속적인 값을 가지며 렌트겐관의

양극을 만든 물질에 따라 그 값들이 달라지는 렌트겐선을 **특성렌트겐선**이라고 부른다.(그림 14-33)

렌트겐관에서 가속된 전자들이 양극에 부딪치면 양극을 만든 물질의 원자에서 내부층의 전자가 튀여나오고 그 빈 자리에 외부층에 있던 에네르기가 큰 전자들이 넘어오면서 그 에네르기차에 해당한 전자기파를 내보내는데 이것이 특성렌트겐선이다.

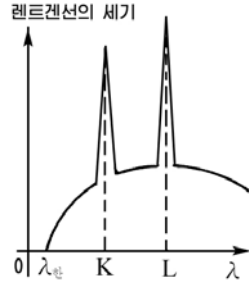



그림 14-33. 렌트겐선의 스펙트르

3) 렌트겐선의 성질과 리용

· 렌트겐선은 파장이 짧기때문에 곧추 가며 물체를 뚫고 지나는 능력이 크며 사진작용, 형광작용을 한다.

그러므로 사람몸안의 구조와 제품의 흠집을 알아내는데 쓰인다.

· 렌트겐선은 파장이 짧아서 그에 의하여 원자들이 규칙적으로 놓여잇는 결정살창을 써서 에돌이무늬를 얻을수 있다. 이 에돌이무늬를 조사하여 결정의 살창구조를 알아낼수 있다. 이러한 연구방법을 **렌트겐선구조분석법**이라고 부른다.

△ 전자기파의 분류

전자기파는 넓은 파장대역을 차지하며 다음과 같이 분류한다.

구 분		파 장	진 동 수
라지오파 (무선전파)	초장파	100～10km	3～30kHz
	장파	10～1km	30～300kHz
	중파	1 000～100m	300～3 000kHz
	단파	100～10m	3～30MHz
	초단파	10～1m	30～300MHz
	극초단파	1m～1mm	300MHz～300GHz
빛파동	적외선	1mm～760nm	3×10^{11}～3.9×10^{14}Hz
	보임빛선	760～380nm	3.9×10^{14}～8×10^{14}Hz
	자외선	380～10nm	8×10^{14}～3×10^{17}Hz
	렌트겐선	10～0.001nm	3×10^{17}～3×10^{20}Hz
	γ선	0.1nm 이하	3×10^{18}Hz 이상

제5절. 빛량자

1) 빛전기현상의 실험법칙

금속에 빛을 쪼일 때 전자가 튀여나오는 현상을 **빛전기현상**이라고 부르며 이때 튀여나오는 전자를 **빛전자**라고 부른다.

빛전기현상은 다음과 같은 법칙에 따른다.

① 단위시간동안에 튀여나오는 빛전자의 개수는 빛흐름에 비례한다.

② 빛의 진동수가 어떤 값보다 작으면 빛흐름이 아무리 세여도 빛전자는 튀여나오지 않는다.

③ 빛의 진동수가 클수록 빛전자가 최대운동에네르기가 커진다.

2) 빛전기현상의 리용

(1) 외부빛전기현상과 그 리용

빛을 쪼일 때 전자가 금속밖으로 튀여나오는것을 **외부빛전기현상**이라고 부른다.

외부빛전기현상을 리용하여 빛전자관을 만든다. 빛전자관은 사진전송(그림 14-34), 자동화장치에 쓰인다.(그림 14-35)

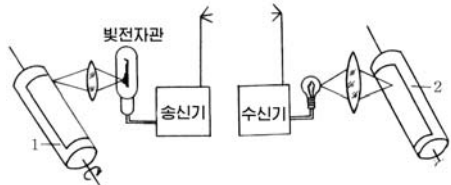
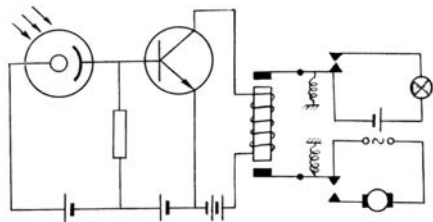



그림 14-34. 사진전송의 원리

그림 14-35. 자동화장치회로

(2) 내부빛전기현상과 그의 리용

반도체에 빛을 쪼이면 공유결합을 이루고있던 전자가 떨어져나와 전도전자가 된다. 이때 전자는 원자의 속박에서 벗어났지만 물질속에 그냥 남아있으므로 현상을 **내부빛전기현상**이라고 부른다.

내부빛전기현상을 리용하여 반도체빛전지, 빛저항 등을 만든다.

빛전지는 태양빛을 직접 전기에네르기로 전환시켜 전원으로 리용한다.

반도체빛전지를 쓴 자동차와 비행기도 나오고있으며 태양전지발전소도 운영하고있다.

반도체빛저항은 자동화체계세어 빛을 알아보는 눈과 같은 작용을 하기때문에 적외선추종장치에서 미싸일에 목표물의 방향을 정확히 알려준다.

2. 빛량자-빛의 2중성

1) 빛량자

빛전기현상은 빛을 파동이라고만 하면 설명할수 없으나 빛을 일정한 에네르기를 가진 립자들의 흐름이라고 하면 쉽게 설명된다.

빛을 에네르기를 가진 립자들의 흐름으로 보고 이 립자를 **빛량자**라고 부른다.

빛량자의 에네르기는

$$\boxed{E=h\nu}$$

이다.

여기서 E는 빛량자의 에네르기, h는 플랑크상수($h=6.626\times 10^{-34}\text{J·s}$), ν는 빛의 진동수이다.

빛량자의 운동 $\boxed{P=\frac{h}{\lambda}}$ λ: 빛의 파장

빛량자의 운동질량 $\boxed{m=\frac{h\nu}{c^2}}$ c: 빛속도

이와 같이 빛량자는 $h\nu$만 한 에네르기와 h/ν만 한 운동량 및 $h\nu/c^2$만 한 운동량을 가지고있는 립자이다.

그리고 빛은 이런 립자들의 흐름이다.

2) 빛전기현상의 설명

빛을 금속에 쪼여주면 빛량자는 금속안의 전자들과 작용하여 에네르기를 모두 넘겨준다. 빛량자로부터 에네르기를 넘겨받은 전자는 에네르기의 일부를 방출일에 쓰고 나머지는 에네르기를 가지고 금속밖으로 튀여나온다.(그림 14-36)

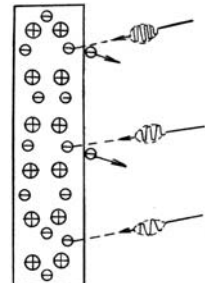



그림 14-36. 빛전자방출

$$h\nu = A + \frac{1}{2}mv^2$$

여기서 A는 방출일, $K = \frac{1}{2}mv^2$는 빛전자의 운동에네르기이다.

빛전기현상의 실험법칙은 다음과 같이 설명된다.

① 빛흐름이 세면 빛량자의 수가 더 많기때문에 튀여나오는 빛전자의 개수는 빛흐름에 비례한다.

② $\frac{A}{h} = \nu_0$ 이라고 하면 $\nu > \nu_0$ 인 빛을 쪼여줄 때에만 빛전자가 튀여나올수 있다. 여기서 ν_0은 림계진동수이다.

③ $K = h\nu - A$ 이므로 진동수가 클수록 빛전자의 운동에네르기가 커진다.

3) 빛의 2중성

빛이 전파할 때에는 파동으로써 간섭과 에돌이가 나타나며 물질과 작용할 때에는 립자로서 빛전기현상, 빛압력, 빛화학작용(사진작용), 형광작용 등이 나타난다.

이와 같이 빛은 파동과 같은 성질을 나타내고 립자와 같은 성질도 나타낸다. 이것을 가리켜 **빛의 2중성**이라고 부른다.

빛의 파동성은 진동수와 파장으로 특징지어지며 립자성은 빛량자의 에네르기와 운동량으로 특징지어진다.

3. 찬빛과 그 리용

1) 찬빛이란 무엇인가

물체가 열은 나지 않으면서 내보내는 빛을 찬빛이라고 부른다.

찬빛은 저절로 빛을 내는것이 아니라 찬빛을 내는 물질에 어떤 작용이 있어야 빛을 낸다. 원자들은 여러가지 에네르기상태를 가지고있는데 찬빛을 내는 물질에 외부작용이 있으면 원자들이 에네르기가 높은 상태로 되였다가 낮은 에네르기상태로 내려갈 때 빛량자를 내보내는데 이것이 찬빛이다. 찬빛에는 형광과 린광이 있다.

형광: 찬빛을 내는 물질에 주는 외부작용이 멎자 곧 찬빛도 나오지 않는것.

례: TV화면이 내는 찬빛, 형광등에서 나오는 찬빛

린광: 빛을 내는 물질에 작용하던 외부작용이 멎은 다음에도 오

래동안 찬빛을 내는것.

례: 야광시계의 눈금판이 내는 찬빛

2) 찬빛의 리용

① 형광등에 리용된다.

가열손조에서 내쏜 열전자들이 가속되여 수은원자에 충돌하면 수은원자가 자외선을 내보내는데 이 자외선이 형광등의 안벽에 바른 형광물질에 작용하여 찬빛인 보임빛이 나온다.(그림 14-37)

② 여러가지 전자선관과 표식장치들에 쓰인다.

③ 적외선야시경에도 쓰인다.

4. 레이자와 그 리용

1) 보통빛과 그 특성

원자는 높은 에네르기를 가진 상태에서 낮은 에네르기상태로 내려갈 때 빛(빛량자)을 내보낸다. 보통광원을 이루고있는 원자들은 에네르기가 높은 상태에서 즉시 낮은 상태로 내려가면서 제가끔 저절로 빛을 내므로 빛의 진동수, 자리각, 진동방향, 전파방향이 다르다.

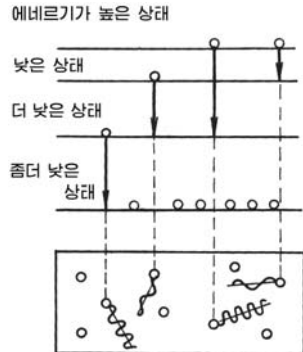
이런 복사를 **자발복사**라고 부른다.(그림 14-38)

그림 14-38. 보통광원에서 빛이 생기는 과정

2) 레이자물질과 강제복사

레이자광원을 이루는 원자들은 높은 에네르기상태에 오래동안 머물러있을수 있으므로 높은 에네르기상태에 있는 원자수가 낮은 에네르기상태에 있는 원자수보다 더 많다. 이런 성질을 가진 물질을 **레이자물질**이라고 부른다.

레이자물질에 밖에서 에네르기를 주면 많은 원자들이 높은 에네르기상태로 올라간다.

이런 원자들중의 하나가 낮은 에네르기상태로 내려가면서 빛량

자를 내면 이 빛량자가 다른 원자를 건드려 강제로 아래상태로 내려가게 한다. 이때 나오는 빛량자들은 또 다른 원자들을 건드려 꼭같은 빛량자들을 내게 한다. 이렇게 나온 빛량자들은 진동수, 자리각, 진동방향, 전파방향이 다같다.(그림 14-39)

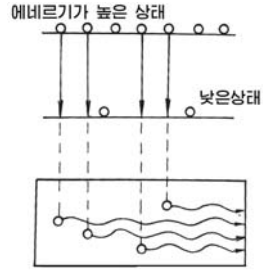



그림 14-39. 레이자광원에서 빛이 나오는 원리

이런 복사를 **강제복사**라고 부른다. 강체복사에 의하여 나오는 빛들은 간섭을 일으킬수 있다.

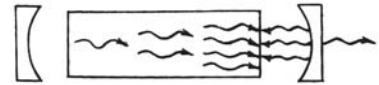
강제복사에 의한 빛을 세게 하기 위하여 레이자물질의 량끝에 빛선에 수직되게 반사거울(하나는 반투명거울)을 놓으면 빛들이 두 거울사이로 오가면서 원자들을 계속 건드려 빛이 세진다.(그림 14-40)

이렇게 세진 빛은 반투명거울을 지나 밖으로 나오는데 이 빛이 레이자빛이다.

그림 14-40. 레이자빛이 세지는 원리

3) 레이자의 리용

① 레이자빛은 간섭성을 가진 단색빛으로서 간섭이나 에돌이현상을 쉽게 나타내므로 정밀한 측정, 레이자물질, 레이자탐지에 쓰인다.

② 레자빛은 에네르기밀도가 대단히 크기때문에 물질의 가공, 인체수술, 레이자무기에 쓰인다.

[련습문제]

1. 맑게 개인날 낮에 땅면에 가로놓인 막대기를 들어올릴 때 땅면으로부터 멀어짐에 따라 그 그늘이 차츰 희미해지는것은 무엇때문인가?

풀이방향. 그늘이 왜 생기며 속그늘과 겉그늘이 땅겉면으로부터

멀어짐에 따라 어떻게 달라지는가를 따져보아라.

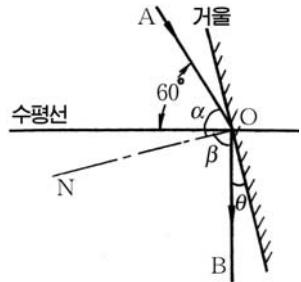
2. 수평면과 60° 의 각을 이루면서 비치는 해빛을 거울로 비쳐 깊은 우물속을 들여다보려고 한다. 거울을 드림선과 얼마만한 각으로 기울여야 하겠는가?

풀이방향. 그림 14-41을 보면서 빛의 반사법칙을 적용하여라. 그림 AO: 입사빛선, OB: 반사빛선, NO: 수직선, α: 입사각, β: 반사각

그림 14-41

(**답.** $\theta = 15°$)

3. 키가 H 인 사람이 평면거울앞에서 자기의 온몸을 보려면 거울이 적어도 얼마나 커야 하겠는가?

풀이방향. 거울앞에서 자기의 영상을 본다는것은 몸에서 나온 빛이 거울에서 반사되여 눈에 들어온다는것을 의미한다. 온몸을 다 보려면 발끝과 머리끝에서 나온 빛이 거울에서 반사되여 눈에 들어와야 한다는것을 생각하면서 평면거울에 의한 영상을 작도하고 3각형의 닮음조건을 리용하여라.

(**답.** $\frac{H}{2}$)

4. 반경이 50cm인 오목구면거울의 축우에서 1m와 20cm인 곳에 놓인 점광원의 영상은 어디에 생기는가?

풀이방향. 오목구면거울의 공식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{2}{R}$ 를 리용하여라.

(**답.** $b_1 \approx 33$cm (실영상), $b_2 = 1$m (허영상))

5. 평면거울과 반경이 20cm인 오목구면거울을 36cm의 거리를 두고 마주 세우고 그 사이에서 오목거울로부터 축우의 12cm 되는 곳에 점광원을 놓으면 영상은 어디에 생기겠는가?

풀이방향. 먼저 평면거울이 없을 때 오목거울에 의한 영상의 자리를 구하고 평면거울에 대하여 그의 대칭인 자리를 구하여라.

(**답.** 광원과 영상이 겹친다.)

6. 공기로부터 물로 빛이 입사한다. 입사각이 60°일 때 반사빛선과 굴절빛선사이의 각은 얼마인가?

풀이방향. 빛의 반사법칙과 굴절법칙을 적용하여라.

(답. 80°)

7. 물면으로부터 1m 깊이에 가라앉은 물체를 내려다보면 물체는 얼마만한 깊이에 있는것처럼 보이겠는가? 물의 굴절률은 $n=4/3$이다.

풀이방향. 물에서 공기에로 빛이 입사할 때 굴절법칙을 적용하고 드림선우에서 내려다본다고 생각하여라.(그림 14-42)

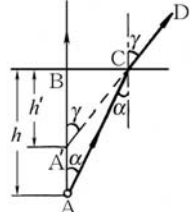



그림 14-42

8. 물속에 들어가 쳐다보면 하늘이 동그랗게 보인다. 왜 그런가? 물속에서 하늘이 쳐다보이는 각의 범위는 얼마인가?

풀이방향. 물밖의 모든 방향에서 들어오는 빛이 물속의 눈으로 들어오는 경로를 그려보아라. 그러면 눈을 지나는 드림선둘레에서 모든 방향으로 물의 전반사림계각안의 원뿔속의 하늘을 보게 된다는것을 알수 있다. 하늘이 쳐다보이는 각의 범위는 물의 림계각의 2배라는것을 생각하고 $\sin\alpha_{림}=1/n$을 리용하여라.

(답. 각의 범위 97.2°)

9. 그림 14-43에서 L은 XX'를 축으로 하는 두께 2cm인 평볼록렌즈의 볼록면에 은도금한것인데 구면의 반경은 27cm이다. 축우의 점 A로부터 왼쪽으로 15cm 되는 곳에 광원 S를 놓았더니 L에 의한 영상이 광원 S와 같은 자리에 생겼다. 빛선이 경로를 그리고 L를 만든 유리의 굴절률을 구하여라.

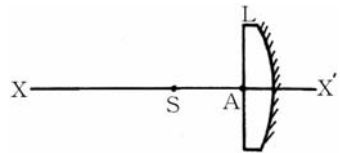



그림 14-43

풀이방향. 영상이 광원과 같은 자리에 생기려면 오목거울로 들어가는 빛선과 나오는 빛선이 일치한다는것을 생각하여라. 빛선이 L의 평면을 지나는 점에 대하여 굴절법칙을 적용하여 굴절률을 구하여라.

(답. 약 1.67)

10. 초점거리가 각각 30cm, 10cm인 두개의 볼록렌즈를 평행빛에 수직으로 나란히 놓았다. 두 렌즈를 지난 다음에도 빛이 평행으로 되려면 렌즈사이의 거리는 얼마이여야 하는가?

풀이방향. 빛축에 평행으로 입사한 빛은 렌즈의 초점을 지나며 초점을 지나들어온 빛선은 평행으로 나간다는것을 생각하여라.

(**답.** $f_1 + f_2 = 40\text{cm}$)

11. 초점거리가 15cm인 볼록렌즈로부터 25cm 떨어진 곳에 빛축에 수직으로 평면거울을 놓았다. 광원을 렌즈의 빛축우에서 렌즈와 평면거울사이에 평면거울로부터 15cm 거리에 놓았을 때 실영상은 어디에 생기겠는가?

풀이방향. 광원의 평면거울에 의한 영상점에 광원을 옮긴다는것과 같다는것을 생각하고 렌즈의 공식을 적용하여라.

(**답.** 24cm)

12. 그림 14-44와 같이 반경이 20cm인 오목구면거울과 초점거리가 10cm인 볼록렌즈(L)가 놓여있다. 렌즈로부터 수직되게 놓았을때 렌즈와 오목거울에 의하여 허영상을 만든다. 영상의 길이가 실물의 4배 되게 하려면 렌즈와 거울사이의 거리를 얼마로 하여야 하겠는가?

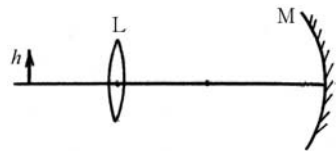



그림 14-44

풀이방향. 렌즈의 의하여 생기는 실영상이 오목거울에 대하여 물체로 되며 렌즈에 의한 배률과 오목거울에 의한 배률의 합이 4배라는것을 생각하여라.

(**답.** 35cm)

13. 얇은 볼록렌즈의 량쪽 구면의 반경이 다같이 4.64cm이다. 이 렌즈의 물속에서의 초점거리는 얼마인가? 유리와 물의 굴절률은 각각 1.53, 1.33이다.

풀이방향. $n = \dfrac{n_2}{n_1}$를 리용하여라.

(**답.** 약 15.4cm)

14. 1.5D의 근시안경을 껴야 할 사람의 잘보임거리는 얼마인가?

눈과 안경사이의 거리는 무시하여라.

풀이방향. 이 사람은 안경으로부터 25cm 앞에 있는 물체의 허영상을 잘보임거리에 생기게 하는 안경을 끼고있다는것을 생각하고 렌즈의 공식을 리용하여라.

(**답.** 약 18cm)

15. 가장 가까운 거리 1m까지 찍을수 있는 사진기가 있다. 이 사진기로 25cm의 가까운거리까지 찍을수 있게 하려면 초점거리가 얼마인 어떤 렌즈를 이 사진기렌즈에 겹쳐놓아야 하겠는가?

풀이방향. 겹쳐놓아야 할 렌즈는 25cm앞에 있는 물체의 허영상이 1m 앞에 생기게 하면 된다는것을 생각하고 렌즈의 공식을 리용하여라.

(**답.** $f \approx 33.3$cm인 볼록렌즈)

16. 초점거리가 20cm인 대물렌즈를 가진 투영기로 크기가 9×12cm인 그림판을 크기가 3×4m이나 막에 비친다. 그림판의 영상이 이 막에 꽉 들어차게 하려면 벽으로부터 얼마만한 거리에 투영기를 설치하여야 하는가?

풀이방향. 렌즈의 배률 $N = \frac{h'}{h} = \frac{b}{a}$를 리용하여 a를 구하고 렌즈의 공식에 의하여 b를 계산하여라.

(**답.** 약 6.87m)

17. 초점거리가 2.5cm인 확대경을 잘보임거리가 25cm인 눈앞 1cm의 거리에 놓고 똑똑히 볼수 있게 하려면 물체를 어디에 놓아야 하는가? 왜 확대경으로는 물체를 가까이 놓아도 똑똑히 보이는가?

풀이방향. 눈으로부터 허영상까지의 거리가 잘보임거리이므로 렌즈로부터 허영상까지의 거리는(25-1)cm라는것을 생각하고 렌즈의 공식을 리용하여 물체까지의 거리를 구하여라. 답을 구해보면 눈으로부터 물체까지의 거리는 근점보다 매우 가깝다는것을 알수 있다. 물체를 가까이 놓아도 영상이 확대되고 허영상이 잘보임거리에 생기도록 조절할수 있다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 2.3cm)

18. 초점거리가 1cm인 현미경의 대물렌즈로부터 1.05cm 떨어진 자

리에 물체를 놓았을 때 초점거리가 얼마인 대안렌즈를 쓰면 이 현미경의 배률이 300배로 되겠는가? 잘보임거리는 25cm이다.

풀이방향. 현미경의 배률공식과 렌즈의 공식을 리용하여라.

(**답.** 약 1.6cm)

19. 초점거리가 1m인 대물렌즈로 배률이 25배 되는 천체망원경을 만들려고 한다. 또 이 망원경의 경통의 길이를 조절하여 10m의 가까운 거리에 있는 물체까지 똑똑히 볼수 있게 하려고 한다. 대안렌즈의 초점거리, 경통의 최소길이와 최대길이를 구하여라.

풀이방향. 망원경의 배률공식과 렌즈의 공식을 리용하여라.

(**답.** 4cm, 104cm, 약 115cm)

20. 전등갓을 씌우거나 탁상등을 쓰면 전기를 절약할수 있다. 그 리유를 설명하여라.

풀이방향. 전등갓을 쓰울 때와 탁상들을 쓸 때 면의 비침도가 어떻게 달라지는가를 $E=\frac{I}{r^2}$ 로 따져보아라.

21. 일정한 빛세기를 가진 광원의 곧추아래 2m 되는 자리에 수평으로 놓인 책상이 있다. 광원으로부터 75cm 떨어진 곳에 완전반사하는 큰 평면거울을 책상면에 수직되게 놓았다. 이때 광원의 바로 아래에 있는 책상우의 점의 비침도를 평면거울을 놓지 않았을 때의 몇배로 되겠는가?

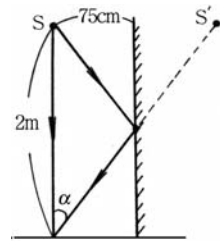



그림 14-45

풀이방향. 그림 14-45를 참고하여라. 구하려는 점의 비침도는 광원으로부터 직접 비치는 빛과 거울에서 반사된 빛에 의한 비침도의 합이라는것을 생각하여라.

(**답.** 약 1.52배)

22. 반경이 20cm인 오목거울로부터 10cm앞에 점광원이 있다. 이 광원으로부터 50cm 앞에 있는 빛축에 수직인 평면에서 빛축과 사귀는 점의 비침도는 오목거울이 없을 때의 비침도의 몇배로 되겠는가? 오목거울은 빛을 완전반사시키며 도중에서의 빛손실을 무시하여라.

풀이방향. 광원이 오목거울의 초점에 놓였으므로 거울에서 반사된 빛이 평행으로 나간다. 그러므로 거울에서 반사된 빛에 의한 구하려는 면의 비침도는 오목거울면의 비침도와 갈다는것을 생각하여라.

(답. 26배)

23. 책상우의 1m 높이에 빛세기가 40cd인 전등이 켜있고 전등아래 25cm 거리에 초점거리가 25cm인 볼록렌즈가 있다. 빛을 수직으로 받는 책상면의 비침도는 얼마인가? 만일 렌즈가 없다면 비침도는 얼마인가?

풀이방향. 광원이 렌즈의 초점에 있으므로 렌즈를 지난 빛선은 평행이므로 렌즈걸면의 비침도와 책상면의 비침도가 갈다는것을 생각하여라.

(답. 640lx, 40lx)

24. 얇은 비누물막에 흰빛이 수직으로 비친다. 웃면과 아래면에서 반사된 빛이 간섭하여 파장이 600nm인 빛이 제일 밝게 보이고 450nm인 빛이 제일 어둡게 보인다. 비누물막의 두께는 얼마인가? 비누물막의 굴절률은 약 4/3이다.

풀이방향. 간섭무늬의 극대, 극소조건을 리용하여라.
경로차를 구할 때 비누물막속에서는 기하학적길이에 비누물막의 굴절률을 곱한다는것과 밴 매질에서 반사될 때 반파장의 변화가 있다는것을 고려하여야 한다.

(답. 약 3×10^{-7}m(300nm))

25. 유리판에 1mm마다 420개의 선을 그은 에돌이살창에 수직으로 어떤 단색빛을 비쳤을 때 30° 방향에 2차극대가 생겼다. 이 빛의 파장은 얼마인가?

풀이방향. 에돌이살창에서 극대조건을 리용하여라.

(답. 595.2nm)

26. 자연빛이 반사되여 완전쏠림빛으로 되였을 때 반사빛선과 굴절빛선사이의 각을 구하여라.

풀이방향. 완전빛쏠림될 때의 브류스터각($\tan\alpha_{완}=n$)을 리용하여라.

(답. 90°)

27. 진공속에서 진동수가 5×10^{14}Hz인 감색빛의 파장은 얼마인가?

이 빛이 굴절률이 1.5인 유리속으로 들어갔을 때의 전파속도, 진동수, 파장을 구하여라.

풀이방향. 파동의 전파속도 $v=\lambda\nu$ 와 굴절률 $n=c/v$ 를 리용하여라.

(**답.** 600nm, 2×10^{8}m/s, 5×10^{14}Hz, 400nm)

28. 다음 물음에 간단히 대답하여라.

ㄱ) 밤에 초불밑에서 흰색과 누른색을 갈라보기 어려운것은 무엇때문인가?

ㄴ) 붉은빛으로 흰 종이, 붉은 종이, 푸른 종이, 검은 종이를 보면 어떤 색으로 보이겠는가?

ㄷ) 그을음을 진하게 칠한 유리판을 통하여 해를 바라보면 붉게 보이는것은 무엇때문인가?

풀이방향. 물체의 색갈이 어떻게 결정되는가를 생각하여라. 초불이 내는 빛은 완전한 흰색빛이 아니라 감색과 누런 색빛을 많이 낸다는것을 고려하여라. 그리고 파장이 긴 빛일수록 잘 에돌기때문에 먼지, 구름, 연기(그을음) 등에 의한 영향을 적게 받는다는것을 고려하여라.

29. 렌트겐관에서 전자가 20kV의 전압에 의하여 가속되여 양그(대음극)에 부딪쳐 감속되면서 전자기파인 렌트겐선을 복사한다. 어떤 경우에 전자기파의 파장이 최소값을 가지겠는가? 이때의 최소파장을 구하여라.

풀이방향. 가속된 전자가 양극(대음극)에 부딕칠 때 가속된 전자가 가지고있던 운동에네르기가 몽땅 전자기파의 에네르기로 전환될 때 파장이 최소로 된다는것을 생각하여라. 빛량자의 에네르기와 파장사이의 관계식을 리용하여라.

(**답.** 6.2×10^{-11}m)

30. 사람의 눈에 보이는 빛의 파장은 대체로 380nm로부터 760nm의 범위에 있다. 이 빛량자의 진동수, 에네르기 및 운동량은 어떤 범위에 있는가?

풀이방향. $\nu=\dfrac{v}{\lambda}$: $E=h\nu$: $P=\dfrac{h}{\lambda}$ 를 리용하여라.

(**답.** 약 $(4\sim8)\times10^{14}$Hz, 약 $(2.61\sim5.23)\times10^{-19}$J
약 $(0.87\sim1.74\times10^{-27}$kg・m/s))

31. 어떤 금속의 방출일은 7.6×10^{-19}J이다. 그의 한계파장은 얼마인가? 이 금속에서 튀여나온 빛전자의 최대운동에네르기가 4.5×10^{-20}J이라면 금속에 쪼인 빛의 파장은 얼마인가?

풀이방향. 한계파장에 대하여 $A=h\nu_0=\frac{ch}{\lambda_0}$ 와 빛량자의 에네르기와 빛전자의 운동에네르기사이의 관계식 $h\nu=A+\frac{1}{2}mv^2$ 을 리용하여라.

(**답.** 약 2.47×10^{-7}m)

32. 금속겉면에 파장이 600nm인 감색빛을 쪼여주었더니 금속겉면에서 빛전자가 튀여나왔다. 쪼여준 빛량자의 에네르기는 얼마인가? 이 금속의 방출일이 1.5×10^{-19}J이라면 빛전자의 운동에네르기는 얼마인가? 이 금속의 한계파장은 얼마인가?

풀이방향. 빛량자의 에네르기 $E=h\nu=\frac{ch}{\lambda}$, 빛전자의 운동에네르기 $\frac{1}{2}mv^2=h\nu-A$, 한계진동수 $\nu_0=\frac{A}{h}$를 리용하여라.

(**답.** 3.3×10^{-19}J, 약 1.8×10^{-19}J, 1.32×10^{-6}m)

33. 어떤 홍보석레이자발진기에서 1cm^2의 자름면을 통하여 0.5ms 동안에 10J의 빛에네르기를 복사한다. 이 레이자발진기의 출력과 에네르기흐름의 밀도는 얼마인가? 이 발진기로부터 나오는 레이자빛을 렌즈로 10^{-4}cm^2의 면적에 집초시키면 에네르기흐름의 밀도는 얼마로 되겠는가?

풀이방향. 에네르기흐름의 밀도란 단위시간동안에 단위면적을 지나는 빛에네르기량이라는것을 생각하여라.

(**답.** 20kW, $2\times10^{8}\text{W/m}^2$, $2\times10^{12}\text{W/m}^2$)

제15장. 상대성리론의 초보

제1절. 뉴론력학, 상대성리론의 기초

1. 뉴론력학의 적용범위

뉴론력학은 던진 물체의 운동, 비행기의 운동 등 눈으로 직접 보고 체험하는 물체들의 운동을 정확힉 설명하여주었으며 태양주위를 도는 지구와 행성들의 운동, 달과 같은 위성들의 운동도 원만히 설명하여주었다.

그런데 뉴론력학은 아주 빠른 (빛속도와 비교하리만큼 큰 속도) 물체의 운동과 원자와 같은 작은 립자의 운동을 옳게 해명하지 못하였다.

빛속도 c에 가까운 속도를 가진 물체의 운동을 **상대론적운동**이라고 부른다. 빛속도 c보다 대단히 작은 속도를 가진 물체의 운동을 **비상대론적운동**이라고 부른다.

2. 갈릴레이변환

1) 갈릴레이의 상대성원리

모든 관성계들에서 력학적운동이 동일하게 일어난다. 이 원리를 **갈리레이상대성원리**(갈릴레이원리)라고 부른다. 이 원리는 모든 관성계들은 서로 등가이고 한 관성계로부터 다른 관성계로 넘어갈 때 력학적운동법칙이 변환되지 않는다는것을 의미한다.

2) 갈릴레이변환

그림 15-1에 땅에 고정된 정지자리표계 K와 땅우에서 속도 V로 등속운동하는 기차에 고정된 기차(운동하는 계 K′)가 x축방향으로 운동하고 기차안에서의 자리표계에서 어떤 물체가 x'점에 놓여있다면 땅에 고정된 자리표계 K에서는 그 자리표가 x이며 다음 관계가 성립된다.

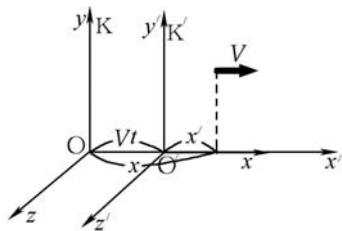



그림 15-1. 갈릴레이변환

$$x = x' + Vt, \qquad x' = x - Vt, \qquad t' = t$$

이 식들이 뉴톤력학에서 한 관성계로부터 등속도 V로 운동하는 다른 관성계에로 넘어가는것을 나타내는데 이것을 **갈릴레이변환**이라고 부른다.

3) 속도합성규칙

만일 달리는 기차안에서 운동방향으로 속도 v'로 물체를 던졌다면 K계와 K′계에서의 속도는 다음과 같이 표시된다.

$$v = v' + V \ , \quad v' = v - V$$

이것이 뉴톤력학에서 얻은 속도합성규칙이다.

3. 상대성리론의 기초

1) 빛속도불변의 원리

빛이 속도는 광원의 속도에도 관측자의 운동에도 관계없이 모든 관성계에서 꼭같다. 이것을 빛속도불변성 또는 빛속도불변의 원이라고 부른다.

2) 상대성원리

모든 관성계들에서 자연의 물리적운동과 과정은 똑같이 일어난다. 이것을 **아인슈타인의 상대성원리**라고 부른다.

갈릴레이의 상대성원리는 시간과 공간이 호상관계없는 독립적인것으로 본데 기초하고있으나 아인슈타인의 상대성원리는 시간과 공간이 호상상대적이고 련관되여있다고 보고 세운 상대성원리이다.

상대성리론은 1905년에 아인슈타인이 상대론적상대성원리와 빛속도불변의 원리에 기초하여 내놓았다.

제2절. 상대성리론의 주요 결론들

1. 시간의 지연

운동하는 관성계에서 시간은 정지된 관성계에서 보다 천천히 흐른다. 이런 시간의 성질은 **시간의 지연** 혹은 **시간의 지연효과**라고 부른다.

시간의 지연을 시계에 대하여 비유하면 운동하는 관성계에서 시계바늘은 멎어있는 관성계에서보다 천천히 돌아간다는것을 의미한다.

멎어있는 관싱계에서의 시간을 t_0, 운동하는 관성계에서의 시간을 t로 표시하면 아인슈타인의 상대성원리로부터 리론적으로 구8한 결과 다음과 같다.

$$t=\frac{t_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \quad (1)$$

c는 빛속도, v는 관성계의 운동속도

시간의 지연효과의 실례

소립자인 π -중간자의 평균수명은 $t=2.6\times10^{-8}$s, 속도는 $v=0.75$c이다.

이 소립자가 존재하는 시간에 운동할수 있는 거리는 뉴톤력학에 의하면

$$l=v_0t=0.75\times3\times10^8\times2.6\times10^{-8}\approx5.9(\mathrm{m})$$

그런데 핵물리학의 측정기구로 정확히 재면 $l=9.1$m로 나온다.

계산값이 측정결과와 맞지 않는것은 시간을 절대적으로 보고 계산하였기때문이다.

식 1에 의하여 $v=0.75$c일 때의 시간은 $t=4\times10^{-8}$s로 된다.

따라서 $l=vt=0.75\times3\times10^8\times4\times10^{-8}\approx9(\mathrm{m})$이다.

2. 길이의 수축

1) 길이의 수축효과

운동하는 관성계에서의 길이는 멎어있는 관성계에서의 길이보다 항상 작다. 이것을 **길이의 수축** 혹은 **길이의 수축효과**라고 부른다.

멎어있는 관성계에서의 물체의 길이를 l_0, 속도 v로 운동하는 관성계에서의 길이를 l로 표시하면 상대성원리로부터 리론적으로 구한 결과 다음과 같다.

$$l=l_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad (2)$$

2) 상대론적속도합성규칙

정지관성계에서 속도를 v로, 속도 V로 운동하는 관성계에서의

속도를 v' 로 표시하면 상대성리론에서 속도합성규칙은 다음과 같다.

$$v' = \frac{v - V}{1 - \frac{vV}{c^2}} \tag{3}$$

3. 질량과 속도사이의 관계

1) 속도에 따르는 질량의 변화

운동하는 물체의 질량은 멎어있을 때보다 언제나 크다.

멎어있는 물체의 질량을 m_0, v 로 운동하는 물체의 질량을 m 로 표시하면 질량과 속도와의 관계는 다음과 같다.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \tag{4}$$

2) 운동량의 변화

상대성리론에서는 물체의 질량이 운동속도에 따라 변하므로 운동량과 뉴톤의 제2법칙은 다음과 같이 표시된다.

○ 운동량

$$P = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \tag{5}$$

○ 뉴톤의 제2법칙

$$F = ma = \frac{m_0 a}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \tag{6}$$

4. 질량과 에네르기사이의 관계

상대성리론에 의하면 질량과 에네르기사이의 관계는 다음과 같이 표시된다.

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \tag{7}$$

이 식에서 m_0C^2 은 $v=0$ 일 때의 에네르기인데 $E_0=m_0C^2$ 은 속도 v로 운동하는 물체의 에네르기이다.

식 7에서 질량이 Δm 만큼 변하면 에네르기도 ΔE 만큼 변한다. 즉

$$\boxed{\Delta E=\Delta mc^2} \tag{8}$$

5. 상대성리론과 뉴톤력학사이의 관계

물체의 운동속도 v가 빛속도 C보다 대단히 작은 경우(v≫C)에는

식 1은 $t=t_0$

식 2는 $l=l_0$

식 4는 $m=m_0$ 으로 되며

정지관성계에 대한 운동관성계의 속도 V가 빛속도보다 매우 작을 때(v≪C)에는

식 3은 $v'=v-V$(또는 $v'=v+V$)로 된다.

이것은 상대성리론이 뉴톤력학을 부정하는것이 아니라 상대성리론의 부분적경우로 포함하고있다는것을 의미한다.

즉 상대성리론은 뉴톤력학과 모순되는것이 아니라 뉴톤력학을 빠른 속도대역에까지 일반화하여 발전시킨 리론이라는것을 의미한다.

그러므로 물체이 운동속도가 빛속도 C와 비교하리만큼 빠를 때에는 상대성효과를 따져야 하며 속도가 느릴 때에는 뉴톤력학을 적용한다는것을 알수 있다.

[련습문제]

1. 속도 V로 달리는 길이가 $2l$ 인 차안의 가운데있는 두 사람이 꼭같은 공을 v의 속도로 동시에 던지되 한 사람은 차가 운동하는 방향으로 다른 사람은 반대방향으로 던졌다. 이때 차안의 관찰자와 땅우에 있는 관찰자가 공이 차의 앞뒤벽에 닿은 시간을 구하여 비교하여보아라.

풀이방향. 고전적속도합성규칙을 적용하여라. 공이 운동하는 사이에도 차는 V의 속도로 운동한다는것을 고려하여라.

(**답.** 두 기준계에서 앞벽과 뒤벽에 공이 닿는 시간은 다같이 $t=\frac{l}{v}$로서 동시에 가닿는다.)

2. 웃문제에서 차칸의 가운데에서 가차의 운동방향과 그와 반대방향으로 동시에 빛이 복사되였다. 차안에 고정한 자리표계에서 빛이 차안의 앞벽과 뒤벽에 가닿는데 걸리는 시간 t_1과 t_2를 구하고 다음 땅우에 고정한 자리표계에서 빛이 차안의 앞벽과 뒤벽에 가닿는데 걸리는 시간 t_1'과 t_2'를 구하여 비교하여보아라.

그리고 앞문제의 결과와 차이나는 리유를 밝혀라.

풀이방향. 빛속도불변의 원리와 상대론적효과를 적용하여라. 달리는 차안에서 던진 공의 속도는 차의 운동에 관계되지만 빛속도는 광원의 운동(차의 운동)에 관계없다는(빛속도불변의 원리)것을 생각하면서 두 문제의 결과의 차이를 따져보아라.

(**답.** $t_1=t_2=\frac{l}{c}$ (동시에 가닿는다.)

$$t_1'=\frac{l\sqrt{1-\beta^2}}{c-V},\quad t_2'=\frac{l\sqrt{1-\beta^2}}{c+V}$$

$t_1'>t_2'$ (뒤벽에 먼저 닿는다.))

3. 대기의 웃층에서 0.98C의 속도로 운동하는 소립자가 발생한다. 이 소립자가 붕괴되여 다른 소립자로 될 때까지 400m의 거리를 날았다면 실험실에 고정한 잘표계와 소립자아 함께 운동하는 자리표계에서 이 소립자의 수명을 구하여라.

풀이방향. 실험실에 고정한 자리표계에서는 길이의 수축효과가 나타나지 않지만 시간의 지연효과가 나타나며 소립자와 함께 운동하는 자리표계에서는 시간의 지연효과를 느끼지 못한다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 1.36㎲, 약 0.27㎲)

4. 물체의 길이가 운동하는 방향으로 절반 줄어들어보이려면 물체는 어떤 속도로 운동하여야 하는가?

풀이방향. 길이의 수축효과를 표시하는 공식을 리용하여라.

(**답.** 약 0.87C)

5. 속도가 0.8C인 물체의 밀도는 멎어있을 때 밀도의 몇배로 되겠는가?

풀이방향. 운동하는 물체는 질량도 변하고 길이의 수축효과때문에 체적도 변한다는것을 생각하여라.

그런데 길이의 수축은 운동방향으로만 일어난다는것을 고려하여라.

(**답.** 28배)

6. 왜 밖에서 힘을 아무리 오래 주어도 물체의 속도는 빛속도를 넘지 못하는가를 설명하여라.

풀이방향. 물체의 속도와 질량사이의 관계와 뉴톤의 제2법칙을 적용하여 따져보아라.

7. 운동에네르기가 10^{10}MeV인 양성자의 질량이 그의 정지질량의 몇배로 되겠는가? 양성자의 정지에네르기는 938.3MeV이다.

풀이방향. 운동하는 물체의 전에네르기는 그 물체의 정지에네르기와 운동에네르기의 합과 같다는것을 리용하여라.

(**답.** 약 10^7배)

8. 속도가 $v = 0.6C$ 인 전자의 운동에네르기를 구하여라.

전자의 정지에네르기는 0.511eV이다.

풀이방향. 운동하는 물체의 질량을 m_0 이이라고 하면 그의 전에네르기는 $E = mc^2 = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ 로 된다는것과 운동하는 물체의 전에네르기는 그의 정지에네르기와 운동에네르기의 합과 같다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 0.13MeV)

9. 가속전압이 10^6V인 구간을 전자가 통과할 때 그의 질량이 몇배로 커지겠는가? 전자의 정지에네르기는 0.511MeV이다.

풀이방향. 전기마당에서 가속된 전자의 운동에네르기는 $K = eU$ 로 결정된다는것과 전자의 운동에네르기가 그의 정지에네르기와 운동에네르기의 합과 같다는것을 생각하여라.

(**답.** 약 3배)

제16장. 원자구조와 핵에네르기

제1절. 원자모형

원자모형이란 무엇인가

원자는 눈으로 직접 볼수도 없고 손으로 만질수도 없다. 원자구조와 원자안에서 일어나는 현상들을 설명하자면 구체적인 원자구조에 대한 표상이 있어야 한다. 그리하여 여러가지 실험적자료와 리론적추리에 기초하여 원자가 어떤 구조를 가졌을것인가를 밝혀야 한다.

즉 원자가 어떤 구조를 가지고있는가를 원자가 나타내는 이러저러한 성질과 현상들로부터 가상적으로 생각하는 원자의 구조를 **원자모형**이라고 부른다.

원자모형은 여러가지 발명과 실험적자료에 기초하여 그것을 설명하기 위하여 계속 합리적인 모형으로 바뀐다.

례: 기원전에 나온 데모크리토스의 원자모형(원자는 더는 쪼갤수 없는 립자)

- 1904년의 톰슨의 원자모형
- 1911년의 라자포드의 원자모형(핵모형)
- 1913년의 보아의 원자모형(자리길모형)
- 현대의 원자모형(전자구름모형)

1. 라자포드의 원자모형

1911년 물리학자 라자포드는 원자가 어떤 구조로 이루어졌는가를 밝히기 위하여 얇은 금판에 α립자(He원자핵)를 통과시키는 실험을 하였다.

실험결과 다음과 같은것을 알게 되였다.

첫째로, 대부분의 α립자들은 금판을 곧추 지나간다.

둘째로, 일부 α립자들은 금판을 지나면서 자리길이 구부러진다.

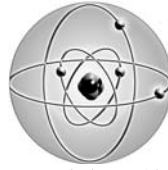
셋째로, 아주 적은 수의 α립자들은 금판을 지나지 못하고 되돌아나온다.

이 실험자료를 종합분석하여 다음과 같은 원자모형을 내놓았다.

그림 16-1. 라자포드의 원자모형

· 원자의 중심에는 반경이 10^{-15}m정도로 매우 작으면서도 원자전체질량이 집중된 +전기를 띤 립자인 핵이 있다.(원자의 반경은 10^{-10}m정도)

· 핵의 전기량은 Ze이다.(Ze는 원자번호, e는 전기소량)

· 핵주위로는 Z개의 전자들이 돌고있다.

라자포드가 내놓은 이 원자모형을 핵을 가진 원자모형 또는 태양계모형이라고 부른다.(그림 16-1)

2. 보아의 원자모형

1) 수소원자의 스펙트르

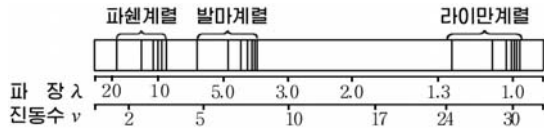
원자마다 서로 다른 빛을 내보내며 그에 고유한 스펙트르가 있다.

수소원자가 내뉜 빛이 파장이 차례로 배렬된것을 수소원자의 **스펙트르** 또는 간단히 **수소스펙트르**라고 부른다.(그림 16-2)

그림 16-2. 수소스펙트르

수소스펙트르는 불련속스펙트르이다.

수소원자가 내는 불련속적인 빛의 파장은 다음과 같은 규칙성을 나타낸다.

$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = R_0\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)}$$

이 식에서 R_0은 스펙트르상수(리드베르그상수)라고 부르는데 그 값은 다음과 같다.

$$R_0 = 1.097 \times 10^7 \left[\mathrm{m}^{-1}\right]$$

m은 1로부터 시작되는 옹근수인데 스펙트르의 계렬을 나타낸다.

n은 m보다 1만큼 큰 수로부터 시작되는 옹근수인데 파장이 결정된다.

$m=1$이며 라이만계렬(자외선계렬)인데 $n=2$부터 시작되여 다음과 같은 파장값이 결정된다.

121.57nm, 12.58nm, 97.25nm …

$m=2$이면 발마계렬(보임빛선계렬)인대 $n=3$부터 시작되여 다음과 같은 파장값이 결정된다.

656.3nm, 486.1nm, 434nm …

$m=3$이상이면 파셴계렬(적외선계렬)을 표시한다.

원자스펙트르는 원자들의 에네르기상태를 나타낸다.

수소스펙트르가 불련속적이므로 수소원자는 띠염띠염 불련속적인 에네르기값만을 가지고있다는것을 보여준다.

2) 보아의 가정

라자포드의 원자모형으로는 수소원자스펙트르의 불련속성을 설명할수 없다.

1913년에 물리학자 보아는 수소원자스펙트르의 불련속성을 설명하기 위하여 다음과 같은 두가지 가정을 내놓았다.

첫째 가정은 정상상태에 대한 가정이다.

원자에는 정상상태라고 부르는 상태들이 있다. 정상상태에서 전자가 핵주위로 돌아갈 때에는 빛을 내보내지 않는다.

· **량자조건**

수소원자에서 핵으로부터 반경 r인 자리길(정상상태)을 따라 속도 v로 돌아가는 질량이 m은 전자는 각운동량이 다음의 조건을 만족하는 자리길을 따라서만 운동한다.

$$L=mvr=n\hbar=\frac{nh}{2\pi}$$

이 식을 **량자조건**이라고 부른다. 여기서 $n=1, 2, 3, \cdots$은 옹근수인데 이 수를 **량자수**라고 부른다.

· **전자의 자리길반경**

량자조건으로부터 수소원자에서 전자의 자리길반경을 구하면 다음과 같다.

$$r_n=\frac{n^2\hbar^2}{mke^2}$$

여기서 k는 꿀롱상수이다.

이 식에서 $m, k, e, \hbar$는 모두 상수들이므로 전자의 자리길반경은 량자수 n(옹근수)에 의하여 결정된다.

$n=1$일 때 $r_1=0.53\times10^{-10}$m인데 이것은 수소원자에서 전자의 첫째자리길반경이다.

n번째 자리길반경은 $r_n=n^2r_1$이다. n가 옹근수이므로 자리길반경은 불련속적이다.

· **전자의 에네르기**

원자안에서 전자는 자리길을 따라 원운동을 하므로 운동에네르기와 원자핵의 전기적끌힘에 의한 자리에네르기를 가진다.

수소원자에서 전자의 에네르기는 다음과 같다.

$$E_n=-chR_0\frac{1}{n^2}$$

여기서 c는 빛속도, h는 플랑크상수, R_0은 리드베르그상수이다.

$n=1$일 때 $E_1=-13.6$eV인데 이것은 수소원자에서 첫째 자리길에서 운동하는 전자의 에네르기이다.

n번째 자리길에서 운동하는 전자의 에네르기는 $E_n=\frac{E_1}{n^2}$이다.

따라서 전자의 에네르기도 불련속적이다.

· **에네르기준위**

량자수 n에 의하여 결정되는 매개 정상상태는 그에 대응하는 자리길에 해당한 에네르기를 가진다.

이 에네르기를 수평으로 그은 선으로 표시하고 그 높이를 **에네르기준위**라고 부른다.

에네르기가 가장 작은 $(n=1)$ 정상상태를 **바닥상태**라고 부르며 이때의 에네르기를 **바닥준위**라고 부른다.

바닥상태보다 에네르기가 큰($n\geq2$) 모든 정상상태를 **려기상태**라고 부르고 이때의 에네르기를 **려기준위**라고 부른다.(그림 16-3)

둘째가정은 빛의 진동수에 대한 가정이다.

원자안의 전자가 에네르기가 E_n인 정상상태에서 그보다 에네르기가 작은 E_m인 정상상태로 넘어가는 경우에 두 정상상태의 에네르기차에 해당하는 에네르기를 가진 빛량자를 내쏜다.

즉 $$h\nu = E_n - E_m$$

이때의 진동수는

$$\nu = \frac{1}{h}(E_n - E_m)$$

이 식에 전자의 에네르기를 풀이하는 식을 정돈하면 수소원자 스펙트르의 규칙성을 나타내는 식이 얻어진다.

이 관계를 그림 16-3에 보이였다.

플랑크와 헤르쯔의 실험으로 원자에는 불련속저인 에네르기를 가지는 정상상태가 있으며 한 정상상태로부터 다른 정상상태로 이행할 때 빛을 내거나 흡수한다는 보아의 가정이 옳다는것이 검증되였다. 이것이 곧 보아의 원자모형이다.

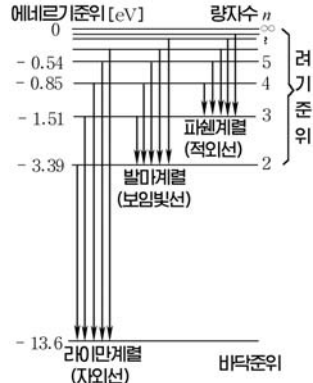



그림 16-3. 수소원자의 에네르기준위

제2절. 전자의 파동성과 물질의 2중성

1. 전자의 파동성

전자기파로만 알고있던 빛이 빛량자가 발견됨으로써 립자적인 성질도 가지고있다는것이 밝혀졌다. 물리학자 드 브로이는 전자도 파동일수 있다고 보고 빛량자와 같이 에네르기가 E이고 운동량이 P인 전자의 진동수와 파장을 다음과 같이 가정하였다.

$$\lambda = \frac{h}{P}, \quad \nu = \frac{E}{h} \qquad (1)$$

이 식을 **드 브로이의 관계식**이라고 부른다.

원자안에서 전자가 파동이라면 자리길의 길이 $2\pi r$가 전가파동의

파장 λ의 옹근수배가 되여야 정상파로 되여 정상상태로 될것이다.

$$\boxed{2\pi r = n\lambda} \quad (n = 1,\ 2,\ 3,\ \cdots) \qquad (2)$$

이 조건을 만족하지 않는 파동은 간섭결과 지워져서 없어진다. 파동이 지워져 없어진다는것은 그런 상태에서 전자가 존재할수 없다는것을 의미한다.

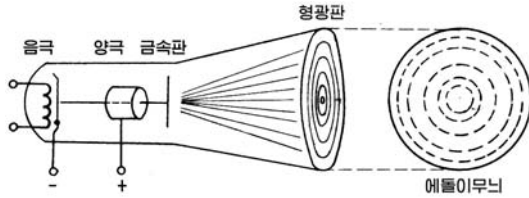



그림 16-4. 전자의 에돌이무늬를 관측하는 실험

식 1과 2로부터 보아의 량자조건 $Pr = n\dfrac{h}{2\pi}$ 가 나온다.

전자가 파동이라면 에돌이무늬를 만들것이다.(그림 16-4)

음극과 양극사이에 걸린 전압을 U 라고 하면 전자파동의 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2emU}} = \frac{1.2}{\sqrt{U}}[\mathrm{nm}] \qquad (3)$$

만일 가속전압이 100V이면 $\lambda \approx 0.1\mathrm{nm}$ 정도인 전자파동이 금속결정살창을 지나면서 형광막에 에돌이무늬를 만들것이다.

실험으로 에돌이무늬를 관측함으로써 전자자 파동성을 가진다는것이 확증되였다.

전자가 파동성을 가진다는것이 확증됨으로서 다음과 같이 결론할수 있다.

전자가 파동성을 가지기때문에 원자에 정상상태가 있고 이에 대응하여 원자는 불련속적인 에네르기값만을 가진다.

2. 물질의 2중성

전자가 파동의 성질을 가진다면 미시립자들인 양성자와 중성자도 파동성을 가질것이다.

가속장치에서 가속된 양성자묶음을 가지고 진행한 실험이나 원자로에서 나오는 중성자묶음으로 진행한 실험들은 양성자와 중성자도 파동의 성질을 가진다는것을 확증하였다.

모든 물질립자들은 립자의 성질과 파동의 성질을 겸해서 가지고있다. 이것을 **물질의 2중성**이라고 부른다.

제3절. 핵의 구조와 결합에네르기

1. 핵의 구조

1) 핵구성립자(핵자)

① **양성자**

1919년에 라자포드는 α립자로 질소원자핵을 쏠 때 수소원자핵과 꼭같은 립자가 나온다는것을 발견하였다.

이 립자를 **양성자**(프로톤)이라고 부르고 P로 표시한다.

질량은 $m_p = 1.672\ 62 \times 10^{-27}\text{kg}$ 이고 전기량은 전자의 전기량과 크기가 같고 부호는 +이다.

② **중성자**

1932년에 α립자로 베릴리움원자핵을 쏠 때 양성자보다 질량이 약간 크고 전기를 띠지 않는 립자가 발견되였다. 이 립자를 **중성자**(뉴트론)라고 부르고 n으로 표시한다.

핵은 양성자와 중성자로 이루어져있다.(그림 16-5)

그림 16-5. 핵자

핵을 이루고있는 양성자와 중성자를 통털어 **핵자**라고 부른다.

2) 핵의 표시법

핵을 이루고있는 양성자수를 Z, 중성자수를 N로 표시하면 핵자수 A는

$$A = Z + N$$

여기서 A를 **질량수**, 원자번호를 **전하수**라고 부른다.

서로 다른 원자핵을 갈라보기 위하여 핵을 다음과 같이 표시한다.

${}_{Z}^{A}X$ 여기서 X는 원소기호

례: ${}_{11}^{23}Na$ 나트리움원자핵의 표시(23개의 핵자가 있는데 그중 11개는 양성자라는것을 의미)

양성자수가 같고 중성자수가 다른 원소들을 **동위원소**라고 부른다.

례: 탄소의 동위원소 ${}^{12}_{6}C$ 와 수소의 동위원소 ${}^{2}_{1}H$, ${}^{2}_{1}D$ (중수소), ${}^{3}_{1}T$ (초중수소)

3) 원자질량단위

탄소 ${}^{12}_{6}C$ 원자의 질량을 12로 나눈것을 질량의 단위로 정하고 이것을 **원자질량단위**라고 부르며 1u 로 표시한다.

$$1u = {}^{12}_{6}C \text{ 원자의 질량} \times \frac{1}{12} = 1.6605 \times 10^{-27}\text{kg}$$

이 질량단위로 양성자, 중성자, 전자의 질량을 표시하면 다음과 같다.

$$m_p = 1.007\,28u$$
$$m_n = 1.008\,67u$$
$$m_e = 0.000\,55u$$

2. 핵력과 결합에네르기

1) 핵 력

핵안에서 핵자들사이에 작용하는 매우 센 끌힘을 **핵력**이라고 부른다.(핵력은 전기힘이나 만유인력이 아니다.)

핵력의 크기는 전기적밀힘의 약 100배 정도이다.

핵력의 특성

○ 핵력은 핵자들이 띤 전기량에 관계없이 작용한다.

즉 양성자들사이, 중성자들사이 또는 양성자와 중성자들사이에도 같은 크기로 작용한다.

○ 핵력은 매우 가까운 거리(2×10^{-5}m정도)에서만 세게 작용하고 거리가 멀어짐에 따라 매우 빨리 작아진다.

2) 핵의 결합에네르기

원자핵을 이루고있는 핵자들을 모두 따로따로 떼여놓는데 필요한 에네르기를 **핵의 결합에네르기**라고 부른다.

개별적인 핵자들이 결합되여 핵을 이룰 때에는 거꾸로 결합에네르기만 한 에네르기를 내놓는다.

그러므로 질량은 줄어든다. 따라서 원자핵의 질량은 핵을 잉루는 개별적핵자들의 질량의 합보다 작다. 이 질량차 Δm 을 **질량결손**

이라고 부른다.

그러므로 결합에네르기는 다음과 같다.

$$\boxed{\Delta E = \Delta m c^2}$$

질량결손은 다음과 같이 표시된다.

$$\Delta m = (Zm_P + Nm_n) - m_0 \quad (m_0 \text{은 핵의 질량})$$

질량 $1u$에 해당하는 에네르기

$$E = mc^2 = 1.66 \times 10^{-27} \times (2.998 \times 10^8)^2 =$$
$$= 1.492 \times 10^{-10} (\text{J})$$

이것을 eV단위로 고치면

$$\frac{1.492 \times 10^{-10}\,\text{J}}{1.602 \times 10^{-19}\,\text{J/eV}} \approx 931.4 \times 10^6\,\text{eV} = 931.4\,\text{MeV}$$

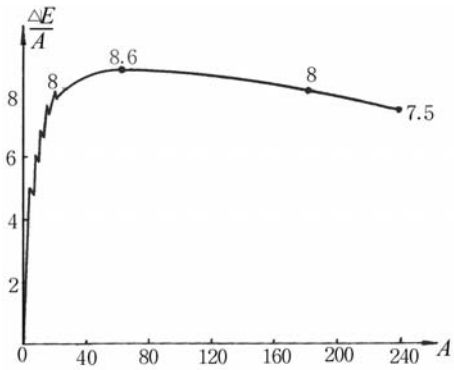
핵의 비결합에네르기

핵안에서 핵자 1개를 떼내는데 드는 에네르기를 **핵의 비결합에네르기**라고 부른다.

핵의 비결합에네르기는 핵의 결합에네르기를 핵의 질량수(핵자수)로 나눈값 $\frac{\Delta E}{A}$와 같다.

비결합에네르기가 클수록 핵은 공고하고 안정하다.

그림 16-6. 질량수에 따르는 비결합에네르기

원자핵의 비결합에네르기값이 질량수에 따라 변하는것을 그라프로 표시하면 그림 16-6과 같다.

3. 핵모형

핵의 구조는 아직까지 완전히 알아내지 못하여 핵모형도 여러

가지로 제기되였을 뿐 완전무결한 모형은 없다.

1) 액체방울모형

핵속에서 핵자들이 핵력을 받으면서 액체방울처럼 구모양의 핵을 이룬다고 보는것이 액체방울모형이다.(그림 16-7)

그림 16-7. 액체방울모형

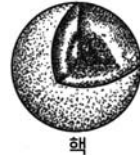
이 모형으로는 핵의 결합에네르기의 특성, 비결합에네르기, 핵분렬과정 등을 잘 설명할수 있다. 그러나 핵가운데 안정한 핵도 있고 불안정한 핵도 있는 실험적사실을 제대로 설명하지 못한다.

2) 층모형

원자속에서 전자들이 층을 이루면서 분포되듯이 핵속의 핵자들도 층을 이루는 구조를 가지고있다고 보는것이 층모형이다.(그림 16-8)

그림 16-8. 층모형

이 모형으로는 안정한 핵과 불안정한 핵이 있게 되는 근거를 잘 설명하여준다.

그러나 핵력의 특성과 핵분렬과정을 원만히 설명하지 못한다.

3) 일반화모형

액체방울모형과 층모형을 결합시킨 모형이다.

핵안에서 핵자들이 다 찬 층까지는 액체방울모형과 비슷하고 다 채우지 못한 핵자들은 그 둘레에 층을 이루면서 분포된다고 보는것이 일반화모형이다.

이 모형도 완전무결한 모형은 아니다.

제4절. 방사선과 그 리용

1. 방사선과 그 성질

1) 방사선과 그의 성분

원자핵이 외부작용이 없이 스스로 내는 눈에 보이지 않는 복사

선을 **방사선**이라고 부른다.

바사선에 수직으로 자기마당을 작용시켜보면 세개의 성분으로 갈라진다.(그림 16-9)

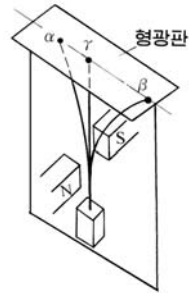



그림 16-9. 방사선의 성분

방사선의 성분

① α선-자기마당속에서 약하게 기울어지는 성분인데 헬리움핵(α 립자)들의 흐름이다.

② β선-자기마당속에서 α선과 반대로 세게 기울어지는 성분인데 전자들의 흐름이다.

③ γ선-자기마당속에서 곧추가는 성분인데 렌트겐선보다 파장이 더 짧은 전자기파 즉 빛량자들의 흐름이다.

2) 방사선의 성질

방사선은 이온화작용, 형광작용, 물질을 뚫고지나는 성질, 생물체의 세포를 파괴하는 성질을 가진다. 방사선의 이런 성질들은 방사선의 성분에 따라 서로 다르다.

방사선은 원자핵으로부터 나오며 방사선을 내는 원소를 **방사선원소**라고 부른다.

2. 방사성붕괴

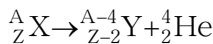
1) 방사성붕괴와 붕괴형식

방사성원소의 불안정산 핵이 방사선을 내보내면서 안정한 핵으로 넘어가는 과정을 **방사성붕괴**라고 부른다.

방사성붕괴형식

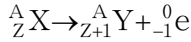
① α붕괴-원자핵이 α립자를 방출하면서 다른 핵으로 되는 방사성붕괴

α붕괴의 표시

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

② β붕괴-원자핵이 β립자(전자)를 내보내고 다른 핵으로 되는 방사성붕괴

β붕괴때 중성자가 양성자와 전자로 전환되면서 양성자는 핵안에 남고 전자는 핵밖으로 나간다

β붕괴의 표시

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$$

③ γ복사 -α 또는 β붕괴 후 불안정한 려기상태의 핵이 안정한 바닥상태로 내려가면서 γ량자를 내보내는것

2) 방사성붕괴의 변위규칙

· α붕괴를 일으키면 원자번호는 2만큼 질량수는 4만큼 줄어든 핵으로 전환된다.

· β붕괴를 일으키면 질량수는 변하지 않고 원자번호는 1만큼 늘어난 핵으로 전환된다.

· γ선을 낼 때에는 원자번호와 질량수의 변화가 없다.

· 방사성붕괴가 일어나기 전후에 질량수와 전하수는 보존된다.

3) 방사성계렬

방사성원소가 계속 붕괴되여 안정한 동위원소가 얻어질 때까지 변하는 과정을 나타내는 계렬을 **방사성계렬**이라고 부른다.

방사성계렬에는 다음과 같은 네가지가 있다.

스스로 일어나는 방사성계렬

① 우라니움계렬-$^{238}_{92}U$에서 시작되여 $^{206}_{82}Pb$에서 끝난다.

② 토리움계렬-$^{232}_{90}Th$에서 시작되여 $^{208}_{82}Pb$에서 끝난다.

③ 악티니움계렬- $^{235}_{92}U$에서 시작되여 $^{207}_{82}Pb$에서 끝난다.

인공적으로 얻는 방사성계렬

④ 넵트니움계렬- $^{241}_{94}Pu$에서 시작되여 $^{209}_{82}Pb$에서 끝난다.

4) 방사성붕괴법칙

방사성물질은 자기의 고유한 반감기를 가지는데 반감기가 지나면 물질의 량과 방사능이 절반으로 줄어든다. 이것을 방사성붕괴법칙이라고 부른다.

반감기: 핵이 붕괴되여 원래핵의 수가 절반으로 줄어드는데 걸리는 시간

반감기는 항상 일정한데 방사성원소의 종류에 따라 다르다.

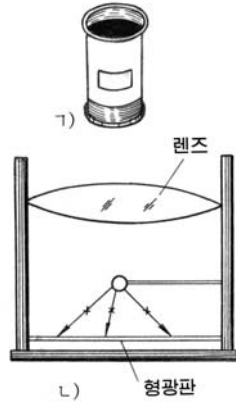
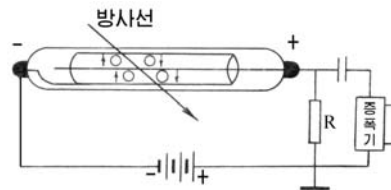
례: $^{238}_{92}U$: 4.5×10^9년, $^{226}_{88}Ra$: 1 620년
$^{222}_{86}Rn$: 3.825일, $^{212}_{84}Po$: $2\times10^{-7}s$

3. 방사선의 측정과 리용

① 형광계

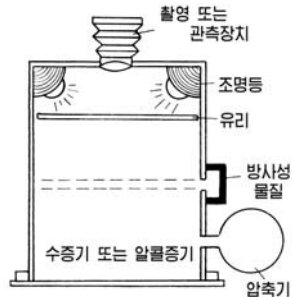
방사선의 형광작용을 리용하여 주로 α립자를 기록하는 장치(그림 16-10)

그림 16-10. 형광계의 구조

② 셈관

방사선의 이온화작용을 리용하여 β립자와 γ 립자를 기록하는 장치(그림 16-11) 원통안의 공기를 뽑고 약간의 아르곤 기체를 넣었으며 두 전극사이에 저항 R를 통하여 높은 전압을 걸어준다. 셈관으로 방사선이 지나면 기체원자가 이온화되고 이때 생긴 전자들이 가속되여 기체방전이 일어나는데 R에 생긴 전압을 증폭하여 기록기로 기록한다.

③ 안개함

방사선의 이온화작용을 리용하여 방사선이 지나간 자리길을 연구하는 장치(그림 16-12)

압축기로 증기를 압축하였다가 갑자기 불어나게 하고 이때 방사선이 지나가면서 이온화시킨 자리길에 흰 안개줄이 생긴다.

그림 16-11. 셈관의 구조와 작용원리

2) 방사선의 리용

① 방사성동위원소들은 방사선을 내기때문에 측정수단으로 그 자리를 알아낼수 있으므로 방사성동위원소의 원자들을 **표식원자**라고 부른다.

그림 16-12. 안개함

표식원자는 생물학과 농업부문(과학적시비체계에 대한 연구), 의학부문(병의 진단)을 비롯하여 중요대상들에

서 부식정도측정, 사람이나 동식물안에서 영양물질의 이동과 흡수 등을 알아낼수 있다.

② 방사성원소의 반감기를 리용하여 력사유물들과 시편들의 나이를 알아낸다. (례: 우리 나라 원시조 단군의 생존년대확증)

③ 방사선이 물질을 뚫고 지나는 성질을 리용하여 제품속의 결함탐지, 제품의 두께, 밀도 액면의 높이 등을 측정한다.

④ 방사선이 물질에 작용하는 성질을 화학공업부문(물질의 합성), 농업부문(종자처리, 품종개량), 의학부문(종양치료)에서 널리 리용한다.

제5절. 핵반응과 그 리용

1. 핵반응

원자핵을 어떤 립자(α립자, 양성자, 중성자, 전자 등)로 쏴서 다른 원자핵으로 변화시키는것을 **핵반응**이라고 부른다.

핵반응은 대채로 두 단계로 일어난다.

처음 α립자, 양성자, 중성자와 같은 립자가 핵에 부딪쳐 흡수되면서 새로운 려기된 발안정한 중간핵(복합핵)으로 되는 단계와 다음 이 려기된 복합핵이 다른 립자를 내보내고 새로운 핵으로 변하는 단계이다.

핵반응과정에 전하수와 질량수가 보존된다.

핵반응의 실례

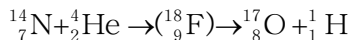
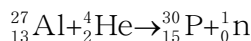
① 새로운 립자를 발견하기 위한 핵반응

◯ 양성자를 발견한 핵반응(1919년 라자포드가 실현)

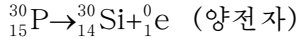
α립자로 질소핵을 때리니 새로운 복합핵인 불소핵으로 되였다가 다시 양성자를 내보내면서 새로운 산소원자핵으로 변화되였다. 반응식은 다음과 같다.

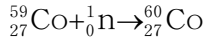
$${}^{14}_{7}N+{}^{4}_{2}He \rightarrow ({}^{18}_{9}F) \rightarrow {}^{17}_{8}O+{}^{1}_{1}H$$

◯ 양전자를 발견한 핵반응

$${}^{27}_{13}Al+{}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{30}_{15}P+{}^{1}_{0}n$$

이 반응결과 자연계에는 없는 린의 인공방사성동위원소 ${}^{30}_{15}P$ 이 생겼다.

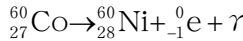
이 핵은 불안정한 방사성핵으로써 양전자를 복사하고 규소의 안정한 동위원소 ${}^{30}_{14}Si$ 로 전환된다. 붕괴식은 다음과 같다.

$${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{1}e \text{ (양전자)}$$

② 인공방사성동위원소를 얻기 위한 핵반응

$${}^{59}_{27}Co + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{60}_{27}Co$$

${}^{60}_{27}Co$ 는 인공방사성동위원소인데 β 붕괴하여 니켈핵으로 된다.

$${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e + \gamma$$

이밖에도 많은 에네르기를 얻기 위한 핵반응에는 핵의 분렬반응과 융합반응이 있다.

2. 핵분렬반응과 그 리용

1) 핵분렬반응

무거운 원자핵이 서로 비슷한 질량수를 가진 두개의 핵으로 갈라지는 핵반응을 **핵분렬반응**이라고 부른다.

실례: 크립톤핵으로 갈라지면서 2-3개의 중성자와 약 200MeV의 에네르기가 나온다.

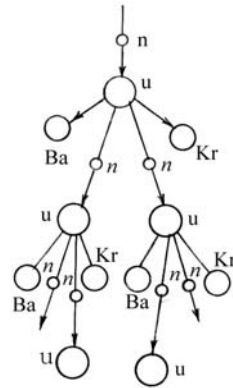
$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{142}_{56}Ba + {}^{91}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n + (200MeV)$$

핵이 분렬될 때 나오는 중성자가 다른 핵을 분렬시키고 이때 나오는 중성자가 또 다른 핵을 분렬시키고 이때 나오는 중성자가 또 다른 핵을 분렬시켜 핵분렬이 련달아 일어나는 핵반응을 핵분렬련쇄반응이라고 부른다.(그림 16-13)

그림 16-13. 핵분렬련쇄반응

련쇄반응이 잘 일어나려면

· 우라니움을 농축하여 써야 한다.

천연우라니움에는 ${}^{235}_{92}U$ 이 0.72%. ${}^{238}_{92}U$ 이 99.274%, ${}^{234}_{92}U$ 이 0.006% 들어있다. 그런데 ${}^{238}_{92}U$ 은 중성자를 세게 흡수하기만 하고 새로운 중성자를 내보내지 않으므로 련쇄반응을 일으키는데 장애로 된

다. 그러므로 천연우라니움에서 ${}^{235}_{92}U$의 비률을 높여야 한다.(농축)

핵분렬물질의 질량이 림계질량보다 커야 한다.

${}^{235}_{92}U$이 분렬될 때 생기는 중성자들은 우라니움덩어리가 너무 작으면 ${}^{235}_{92}U$과 부딪치지 못하고 밖으로 나가거나 ${}^{238}_{92}U$에 흡수된다. 핵분렬련쇄반응이 계속 일어나기 위한 질량의 림계값을 **림계질량**이라고 부른다.

2) 핵분렬반응의 리용

① **원자탄:** 핵문렬련쇄반응때 나오는 에네르기를 리용하여 만든 폭탄.(그림 16-14)

순도가 높은 우리니움 (${}^{235}_{92}U$)이나 풀루토니움(${}^{241}_{94}Pu$)덩어리들이 림계질량보다 작게 여러쪼각으로 나뉘여들어있는데 화약을 폭팔시켜 우라니움쪼각들을 합쳐 림계질량을 넘으면 폭발이 일어난다.

그림 16-14. 원자탄

② **원자로:** 핵분렬련쇄반응속도를 조절하여 그것이 천천히 일어나도록 만든 설비

원자로는 원자력발전소, 쇄빙선, 무역선, 잠수함, 항공모함, 순양함의 동력으로 쓰인다.

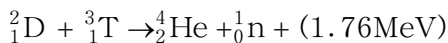
3. 핵융합반응과 그 리용

1) 핵융합반응

가벼운 핵들이 융합되여 하나의 다른 핵으로 넘어가는 핵반응을 **핵융합반응**이라고 부른다.

핵융합반응은 수천만K의 높은 온도에서만 일어나기때문에 열핵반응이라고도 부른다.

례: 중수소핵과 초중수소핵이 융합되여 헬리움핵과 중성자가 생기는 반응에서 약 17.6Mev의 에네르기가 나온다.

$${}^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + (1.76MeV)$$

2) 핵융합반응의 리용

① 조종핵융합반응

핵융합반응에서 나오는 에네르기는 핵분렬반응에서보다 더 많다. 그리고 핵분렬반응에 비하며 환경에 대한 방사성오염이 적다. 또한 중수소는 바다물에 들어있으므로 그 원천이 무진장하다.

핵융합반응때 나오는 에네르기를 동력으로 리용하려면 원자로에서와 같이 핵융합반응을 조종하여야 한다.

조종핵융합반응은 아직 완성하지 못하고있다.

② 수소탄; 핵융합반응때 나오는 에네르기를 리용한 폭탄, 소소탄안에는 원자탄이 있고 그 둘레에 중수소핵과 초중수소핵이 있다. (그림 16-15)

수소탄안의 원자탄이 폭발할 때 생기는 높은 온도와 압력에서 중수소의 핵융합반응이 일어나 거대한 에네르기가 방출된다.

③ 중성자탄;중성자로 유생력량에 피해를 주는 극소형수소탄

수소탄폭발시의 충격파와 열 및 빛복사에 의한 피해를 최소로 되게 하고 센 중성자가 나오도록 만들었다.

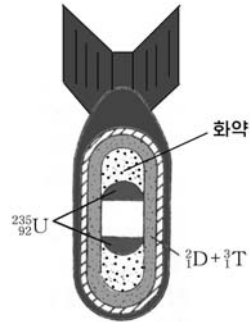



그림 16-15. 수소탄

제6절 소립자

더 쪼갤수 없다고보는 립자들을 **소립자**라고 부른다.

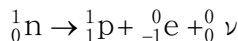
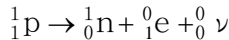
1. 소립자의 성질

① 소립자는 스스로 또는 다른 립자와 호상작용을 하여 다른 소립자로 전환된다. 소립자의 전환은 소립자의 본질적측면의 하나이다.

례: 중성자는 원자핵밖으로 나가면 스스로 양성자와 전자중성미자로 붕괴된다.

$$^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}p + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\nu$$

양성자는 핵안에서 중성자와 양전자, 중성미자로 전환되는 경우가 있다.

$$^{1}_{1}p \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{0}_{1}e + ^{0}_{0}\nu$$

② 모든 소립자에는 반립자가 있다.

질량, 수명, 전기량의 크기는 같으나 전기량의 부호만 반대인 두개의 소립자에서 하나를 다른것의 반립자라고 부른다.

례: 전자와 양전자, 양성자와 반양성자, 중성자와 반중성자 등

2. 소립자의 분류

평균수명이 10^{-17}s이상인 소립자들은 질량에 따라 4개의 부류로 나눈다.

① 빛량자

② 가벼운 소립자(렙톤) – 전자, 중성자 …

③ 중간소립자(메존) - π중성자, k중성자 …

④ 무거운 소립자(바리온) – 양성자, 중성자

3. 소립자의 호상작용

소립자들의 전환은 호상작용을 통하여 일어난다.

① 강한 호상작용 – 원자핵속에서 핵자들사이의 호상작용이다. 가장 세지만 작용거리는 매우 짧다.(10^{-15}m정도)

② 전자기적호상작용 - 전기띤 소립자들사이의 호상작용이다. 세기는 강한 호상작용의 10^{-2}정도

③ 약한 호상작용–소립자들이 스스로 붕괴될 때의 호상작용이다. 세기는 강한 호상작용의 10^{-2}정도

④ 중력호상작용–만유인력에 의한 호상작용이다. 강한 호상작용의 10^{-38}배정도로 제일 약하다.

4. 소립자의 응용

소립자의 연구는 물리학리론자체발전과 응용에서 큰 의의를 가진다.

소립자를 더 깊이 파악하게 되면 핵에네르기보다 1 000배가

더 큰 소립자에네르기를 얻을수 있다.

중성자사진법은 물질구조연구와 원유탐사에 리용하고있다.

양성자묶음을 리용하여 암을 비롯한 종양치료에서 성과를 거두고있다.

μ립자묶음은 물질의 성질연구와 상온핵융합반응의 촉매로 쓰인다.

중성미자묶음은 우주연구에서, 이온속은 핵려파기를 만드는데 쓰인다.

[련습문제]

1. 금원자핵의 중심을 향하여 날아들어가는 α립자의 속도가 2×10^7m/s이다. α립자가 금원자핵에 얼마마한 거리까지 접근할수 있겠는가? α립자의 질량은 6.6×10^{-27}kg이고 금의 원자번호는 79이다.

   풀이방향. α립자의 운동에네르기는 금원자핵의 전기마당을 극복하는데 소비된다. 그러므로 α립자의 운동에네르기는 전기마당의 자리에네르기로 축적된다는것을 생각하여라.

2. 수소스펙트르의 보임빛계렬에서 제일 짧은 파장과 제일 긴 파장을 구하여라.

   풀이방향. 수소스펙트르의 규칙성을 표시하는 식에서 보임빛계렬은 $m=2$인 때 제일 짧은 파장은 $n=\infty$이고 제일 긴 파장은 $n=3$인 경우라는것을 생각하여라.

   (답. 약 364nm, 약 655nm)

3. 수소원자가 내는 적외선의 가장 긴 파장과 자외선의 가장 짧은 파장을 구하여라.

   풀이방향. 수소스펙트르의 규칙성을 표시하는 식에서 적외선계렬은 $m=3$이고 제일 긴 파장은 $n=4$인 경우이며 자외선계렬은 $m=1$이고 제일 짧은 파장은 $n=\infty$인 경우라는

것을 생각하여라.

(답. 약 1875nm, 약 91nm)

4. 수소스펙트르의 보임빛계렬에서 진동수가 가장 작은것이 4.6×10^{14}Hz이라는것을 알고 공식 $\frac{1}{\lambda}=R_0(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2})$ 에서 상수 R_0 의 값을 계산하여라.

풀이방향. 수소스펙트르의 보임빛계렬에서 파장이 가장 긴것이 진동수가 제일 작다는것을 생각하여라.

(답. 약 $1.1\times 10^7 m^{-1}$)

5. 수소원자의 첫번째 자리길에서 운동하는 전자의 자리길반경 $r_1=0.53\times 10^{-10}$m를 리용하여 이 원자의 둘째, 셋째 자리길에서 운동하는 전자의 운동속도를 구하여라.

풀이방향. 수소원자안의 전자가 등속원운동을 하기 위하여서는 핵과 전자의 꿀롱힘이 향심력으로 된다는것을 생각하여라.

(답. 약 1.1×10^6m/s, 약 7.3×10^5m/s)

6. 수소원자에서 전자가 첫번째 자리길에서 운동한다. 이 전자의 회전주기와 각속도를 구하여라.

풀이방향. 웃문제풀이에서 얻은 속도공식 $v_1=e\cdot\sqrt{\frac{R}{mr}}$ 을 리용하고 등속원운동의 주기, 각속도 공식을 적용하여라.

(**답**. 약 1.5×10^{-16}s, 약 $4\times 10^{16} s^{-1}$)

7. 수소원자에서 전자가 두번째 자리길과 세번째 자리길에서 운동할 때 전자의 운동에네르기는 각각 얼마인가?

풀이방향. 5, 6번의 풀이방향들을 참고하여라.

(답. 약 3.4eV, 약 1.5eV)

8. 그림 16-3에는 수소원자의 에네르기준위들이 표시되여있다. $n=4$인 정상상태에서 운동하던 전자가 그보다 에네르기가 작은 다른 정상상태에로 이행할 때 복사하는 빛파동이 가질수 있는 가능한 파장을 구하고 어떤 빛들인가를 밝혀라.

풀이방향. 빛의 진동수에 대한 보아의 가정을 생각하여라. 전자가 려기상태에서 단번에 바닥상태에로 이행할수도 있고 다른 려기상태를 거쳐 바닥상태에로 이행할수도

있다는것을 고려하여라.

답.

m	n		
4	1	약 97.4nm	자외선
4	2	약 489.6nm	보임빛선
4	3	약 1900nm	적외선
2	1	약 121nm	자외선
3	1	약 657nm	보임빛선

9. 수소원자에서 전자가 두번째 자리길에서부터 첫번째 자리길로 이행할 때 내보내는 빛량자의 에네르기와 진동수 및 파장을 구하여라.

풀이방향. 빛의 진동수에 대한 보아의 가정을 적용하여라.

(**답.** 10.21ev, 245×10^{15}Hz, 122nm(자외선))

10. 수소원자에서 전자가 n번째 자리길로부터 $m=2$인 자리길로 옮겨가면서 $\lambda=4.87\times10^{-7}$m의 파장을 가진 빛량자를 내보낸다. 이에 기초하여 n번째 자리길의 반경을 구하여라.

풀이방향. 수소스펙트르의 규칙성을 표시하는 식을 리용하여 먼저 n을 결정하고 수소원자의 반경에 대한 공식을 적용하여라.

(**답.** 약 8.5×10^{-10}m)

11. 100v의 전압에 의하여 가속된 전자와 양성자의 파장을 구하고 비교하여보아라. 같은 전압으로 가속된 전자와 양성자의 파장이 다른 원인을 밝혀라. 양성자의 질량은 전자질량의 약 1840 배이다.

풀이방향. 물질의 파동성을 생각하면서 가속된 립자의 운동에네르기 $\frac{1}{2}mv^2=eU$와 운동량 $P=mv=\frac{h}{\lambda}$임을 증명하여라.

(**답.** $\lambda_e=1.2\times10^{-10}$m, $\lambda_p=2.8\times10^{-12}$m, $\frac{\lambda_e}{\lambda_p}\approx42.9$배)

12. 전자의 운동에네르기가 10ev일 때 전자파동의 파장을 구하여라.

풀이방향. 전자의 운동에네르기는 $K=\frac{mv^2}{2}$이다. 이 식의 량변에 $2m$을 곱하여 정리하면 운동량 $P=mv=\sqrt{2km}$로

된다는것을 적용하여 전자파동의 파장과 운동량사이의 관계식으로부터 파장을 구하여라.

(**답**. 약 3.88×10^{-10}m)

13. 빛량자와 전자의 운동에네르기가 다같이 10eV이다. 이 립자들에 대응하는 파장들을 구하여라.

풀이방향. 빛량자에 대해서는 운동에네르기가 곧 전에네르기로 된다는것을 생각하여라. 전자에 대해서는 웃문제 풀이를 참고하여라.

(**답**. 약 1.24×10^{6}m, 약 1.2mm)

14. 원자핵안에서 핵자들사이에 작용하는 핵력은 대략 얼마로 되는가? 핵자들사이의 거리는 2×10^{-15}m이고 핵력의 크기는 전기힘의 100배로 보아라.

풀이방향. 두 양성자들사이의 전기힘을 꿀롱의 법칙으로 구하고 그의 100배를 계산하여라.

(**답**. 약 5.76kN)

15. 원자핵안에서 두 양성자들사이의 거리는 2×10^{-15}m이다. 두 양성들사이의 핵력은 두 양성자들사이의 만유인력의 몇배인가? 양성자의 질량은 1.67×10^{-27}kg로 보아라.

풀이방향. 만유인력법칙을 리용하여 두 양성자들사이의 만유인력을 구하고 앞문제에서 구한 력력과 비교해보아라.

(**답**. 약 1.2×10^{38}배)

16. 헬리움원자핵의 질량은 4.0026u이다. 헬리움원자핵의 질량결손, 결합에네르기, 비결합에네르기를 구하여라. ($m_p=1.00728$u, $m_n=1.00867$u)

풀이방향. 질량결손은 개별적핵자들의 질량의 합에서 핵의 질량을 던 차와 같다. 핵의 결합에네르기는 질량결손(Δm)을 구한 다음 $\Delta E=\Delta mC^2$ 으로 계산하여라. 1u=931.4MeV임을 리용하는것이 편리하다.

(**답**. $\Delta m=4.86535\times10^{-29}kg=0.0293$U

$\Delta E=4.3788\times10^{-12}J=27.3$MeV

$\frac{\Delta E}{A}=6.83$MeV)

17. $^{7}_{3}$Li과 $^{27}_{13}$Al핵들의 결합에네르기를 계산하고 어느 핵이 더 안

정한가를 밝혀라. 이 핵들의 질량은 각각 7.01435u, 26.97438u이다.

풀이방향. 앞문제풀이를 참고하여라. 핵의 안정한 정도는 비결합에네르기를 구하여 비교하여 보아라.

(**답.** 약 39MeV, 약 225MeV, 안정한 정도는 $\frac{39}{7}<\frac{225}{27}$ 이므로 $^{27}_{13}\mathrm{Al}$ 핵이 더 안정하다.

18. 산소원자핵 $^{16}_{8}\mathrm{O}$ 의 비결합에네르기를 계산하여라. 산소 $^{16}_{8}\mathrm{O}$ 의 원자량은 15.994 91u이다.)

풀이방향. 먼저 결합에네르기를

$$\Delta E=[Z\cdot m_p+(A-Z)m_n-m_{원자}]\times 931.4\mathrm{MeV}$$

로 구하고 비결합에네르기 $\frac{\Delta E}{A}$ 를 계산하여라.

(**답.** 약 7.72MeV)

19. 천연우라니움의 대부분을 차지하는 $^{238}_{92}U$ 핵은 원자속에서 중성자를 흡수한 후 몇차례의 β 붕괴를 거쳐 2차핵연료인 플루토니움핵으로 된다. 몇번의 β 붕괴를 거치는가? 붕괴식을 써서 표시하여라.

풀이방향. 방사성붕괴의 변위규칙을 적용하여라.

(**답.** $^{238}_{92}\mathrm{U}+^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow^{239}_{92}\mathrm{U}\xrightarrow{\beta}^{239}_{93}\mathrm{Np}\xrightarrow{\beta}^{239}_{94}\mathrm{Pu}$, 두번의 β 붕괴를 거친다.)

20. $^{238}_{92}U$ 핵이 방사성붕괴로 나중에 안정한 $^{206}_{82}Pb$ 핵으로 된다. α 붕괴와 β 붕괴는 각각 몇번하는가?

풀이방향. α 붕괴할 때마다 질량수 4, 전하수 2만큼 줄고 β 붕괴할 때마나 질량수는 변하지 않고 전하수만 1만큼 커진다는것을 생각하여라.

(**답.** α 붕괴, 8번, β 붕괴 6번)

21. $^{232}_{90}Th$ 핵이 α 붕괴 6번, β 붕괴 4번하여 안정한 핵으로 된다. 어떤 핵으로 되겠는가?

풀이방향. 방사성붕괴의 변위규칙을 적용하여라.

(**답.** $^{207}_{82}\mathrm{Pb}$)

22. 대기속에는 방사성동위원소인 $^{14}_{6}\mathrm{C}$ 탄소가 산소와 결합되여 탄

산가스(CO_2)로 되고 식물이 판산가스를 흡수한다. 또한 동물이 이 식물을 먹기때문에 모든 생물에는 대기속에서와 같은 비률로 $^{14}_{6}C$가 들어있다. $^{14}_{6}C$의 반감기는 5 600년이다. 죽은지 오랜 어떤 나무쪼각에 포함되여있는 $^{14}_{6}C$와 지금 살아있는 식물속에 포함되여있는 $^{14}_{6}C$의 비가 4/5라면 그 나무는 지금으로부터 몇년전에 죽었겠는가? $^{14}_{6}C$의 포함비률은 옛날이나 지금이나 같다고 본다.

풀이방향. 생물이 죽은 다음에는 $^{14}_{6}C$는 그 량이 변하지 않지만 $^{14}_{6}C$는 방사성붕괴로 줄어든다는것을 생각하여라. 나무쪼각이 살아있을 때 그 속에 들어있는 $^{14}_{6}C$의 개수를 N_0, 지금 죽은 나무쪼각속에 남아있는 $^{14}_{6}C$의 개수를 N라고 하면 방사성붕괴법칙에 의하여 $N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{t/T}$ 이고 문제의 조건으로부터 $N = \frac{4}{5}N_0$ 이다. 이 두식에서 N_0을 지우면 $\frac{4}{5} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T}$ 로 된다. 이 식에서 t를 구하여라.(T는 반감기이다.)

(**답.** 약 1867년)

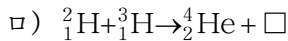
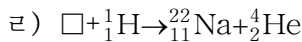
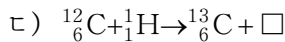
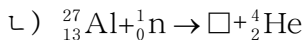
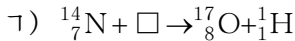
23. 다음의 핵반응식들을 완성하여라.

ㄱ) $^{14}_{7}N + \square \to ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$

ㄴ) $^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \to \square + ^{4}_{2}He$

ㄷ) $^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H \to ^{13}_{6}C + \square$

ㄹ) $\square + ^{1}_{1}H \to ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He$

ㅁ) $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \to ^{4}_{2}He + \square$

풀이방향. 핵반응과정에 질량수와 전하수가 보존된다는것을 생각하여라.

(**답.** ㄱ) $^{4}_{2}He$, ㄴ) $^{24}_{11}Na$, ㄷ) $^{0}_{1}e$, ㄹ) $^{15}_{12}Mg$, ㅁ) $^{1}_{0}n$)

24. 1kg의 우라니움의 분렬될 때 나오는 에네르기는 얼마인가? 이 량은 발열량이 3×10^7J/kg인 석판 얼마와 맞먹는가? 한개의 $^{235}_{92}U$핵이 분렬될 때 약 200MeV의 에네르기가 나온다.

풀이방향. 우라니움 1mol의 질량은 235g이고 이 속에

$N_0=6.023\times10^{23}mol^{-1}$만한 개수이 핵이 들어있다는 것을 생각하여라.

(**답**. 약 8.2×10^{13}J, 석탄 약 2733t)

25. 하루에 200g의 우라니움($^{235}_{92}U$)을 소비하는 원자력발전소의 출력은 얼마인가? 발전소의 효률은 25%이고 우라니움핵 하나가 분렬될 때 나오는 평균에네르기는 200MeV이다.

풀이방향. 앞문재풀이를 참고하여라.

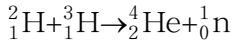
(**답**. 약 47.45MW)

26. 원자에네르기를 얻기 위하여 우라니움 $^{235}_{92}U$ 의 핵분렬을 리용한다. 그런데 편연우라니움은 거의 무우가 우라니움 $^{238}_{92}U$ 이므로 우라니움 $^{235}_{92}U$ 의 비률을 크게 하여 쓴다. 우라니움 $^{235}_{92}U$ 가 20% 포함되여있는 농축우라니움 10kg을 쓸 때 그 속에 들어있는 우라니움핵 $^{235}_{92}U$ 의 개수는 얼마인가? 이 우리나움핵이 무두 분렬될 때 나오는 에네르기는 얼마인가? $^{235}_{92}U$ 핵 하나가 분렬될 때 나오는 에네르기는 약 200MeV로 보아라.

풀이방향. 농축우라니움의 1mol의 질량은 (238g×0.8+235g×0.2)로 된다는것을 생각하여라.

(**답**. 약 5.07×10^{24}개, 약 1.6×10^{14}J)

27. 다음의 핵융합반응에서 나오는 에네르기를 구하여라.

$$^2_1H+^3_1H\rightarrow^4_2He+^1_0n$$

중수소, 초중수소, 헬리움, 중성자의 질량은 각각 다음과 같다.

$$m_D=2.01410u,\ m_T=3.01605u$$

$$m_{He}=4.00260u,\ m_n=1.00867u$$

풀이방향. 핵융합반응과정에 생긴 질량결손을 구하고 $\Delta E=\Delta mC^2$ 또는 $\Delta E=\Delta m\times931.4MeV$를 리용하여라.

(**답**. 약 17.6MeV 또는 약 2.8×10^{-12}J)

28. 바다물 1kg속에 들어있는 중수소를 갈라내여 핵융합반응시키면 평균 2500kW·h의 에네르기를 얻을수 있다. 바다물 1t에서 얻을수 있는 에네르기는 석탄 몇t을 태울 때 얻은 에네르기와 같은가? 석탄의 발열량은 3×10^7J/kg이다.

풀이방향. 바다물 1t에서 얻을수 있는 에네르기와 석탄을 태울 때 얻은 에네르기를 구하여 같기식을 세우고 그 식에

서 석탄의 질량을 구하여라.

(**답**. 약 300t)

29. 중성자탄이 폭발할 때 중성자흐름이 흙층을 뚫고 들어가면서 처음흐름의 절반으로 줄어드는 무게(반감층이라고 부른다.)는 12cm이다. 방공호안에서 중성자흐름이 처음보다 얼마나 약화될수 있겠는가?

풀이방향. 처음의 중성자흐름을 D_0, 흙층을 뚫고 지난 다음의 흐름량을 D, 반감층의 두께를 $d_{반}$, 흙층의 두께 d 라고 하면 $D = D_0\left(\frac{1}{2}\right)^{d_{반}}$ 이므로 $\frac{D}{D_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{d/d_{반}}$ 이 식에 주어진 값을 갈아넣고 계산하여라.

(**답**. $\frac{1}{32}$ 로 약화된다. 즉 $\left(\frac{1}{2}\right)^5$)

30. 태양이 내는 막대한 에네르기는 핵융합반응에 의한것이다. 이 반응에서는 4개의 양성자(수소핵)가 융합되여 한개의 헬리움과 두개의 양전자가 생긴다. 이 경우의 핵반응식을 써보아라. 그리고 태양에 있는 수소의 질량이 1.3×10^{30}kg이라면 그것이 전부 우와 같은 핵융합반응을 할 때 나오는 에네르기는 얼마인가? 반응에서 질량결손을 처음질량의 0.7%에 해당한다고 보아라.

풀이방향. 핵반응식을 쓸 때 양전자는 전하수가 +1이라는데 주의를 돌려라. 태양에 있는 수소의 전체 질량을 m 이라고 하면 질량결손은 $\Delta m = m\times\frac{0.7}{100}(\text{kg})$ 이다.

(**답**. 핵반응식 $4{}_1^1\text{H}\rightarrow{}_2^4\text{He}+2{}_1^0$, 에네르기 8.19×10^4J)

31. 전자와 양전자가 서로 부딪치면 이것들은 소멸되고 두개의 γ 량자가 발생한다. 전자와 양전자의 질량은 9.1×10^{-31}kg이고 전자와 양전자의 운동에네르기를 무시할 때 2개의 γ 량자의 에네르기합은 얼마인가? 발생한 γ 량자의 파장은 얼마인가?

풀이방향. 전자와 양전자의 쌍소멸에 의하여 γ 량자가 발생하는 과정은 ${}_{-1}^{0}e+{}_{+1}^{0}e\rightarrow 2\gamma$ 로 표시된다. 전자의 질량을 m 이라고 하면 에네르기보존법칙으로부터 $2mc^2 = 2h\nu$ 로 된다는것을 생각하여라.

(**답**. 약 1MeV(또는 약 1.6×10^{-13}J, 파장 2.43×10^{-12}m))

대학입학시험에 나왔던 문제

2001년

1. 달은 지구둘레를 27일 7h동안에 한바퀴 돈다. 지구의 반경은 6370km이고 지구의 걸면에서 중력가속도는 $9.8m/s^2$이다. 지구와 달사이의 거리를 구하여라.
2. 수평거리 5m에 대하여 0.25m씩 돌아가는 언덕길을 자동차가 일정한 일능률로 올라갈 때와 내려올 때의 속도는 각각 5m/s, 15m/s이다. 지동차가 같은 일능률로 평지길을 달린다면 속도는 얼마이겠는가?
3. 축구선수가 땅으로부터 2.2m 높은 곳에서 공을 받아 15m,/s의 속도로 튀여오르게 하였더니3.5m 더 높아졌다. 가장 높은 점에서와 땅에 떨어질 때 공의 속도를 구하여라.
4. 기중기의 전동기가 380V의 전아벵서 10A의 전류로 하고 있다. 50s사이에 1t의 짐을 19m의 높이까지 끌어올린다면 이 기중기의 효률은 얼마인가?
5. 자름면적이 $50cm^2$, 권회수가 500회인 선륜면을 수직으로 지나는 고른자기마당이 등속으로 늘어나서 그의 자기유도가 0.1s사이에 1.0×10^{-3}로 되였다. 이 선륜에 생긴 유도전동력의 크기는 얼마인가?
6. 선륜에 10V의 직류전원을 이었을 때에는 10mA의 전류가 흐르고 60Hz, 10V의 교류전원을 이었을 때에는 5mA의 전류가 흐른다. 이 선륜의 자체유도결수를 구하여라.
7. 물체이 실영상이 볼록렌즈로부터 30cm 되는 거리에 맺혔다. 렌즈와 영상사이에 렌즈로부터 20cm 떨어진 곳에 오목렌즈를 놓았더니 영상이 30cm만큼 더 멀어졌다. 오목렌즈의 초점거리는 얼마인가?
8. 길이의 수축에 대하여 설명하여라.
9. 특성렌트건선에 대하여 설명하여라.
10. 반도체열저항에 대하여 설명하여라.

2002년

1안

1. 수평으로 던진 물체의 자리길공식을 유도하여라.
2. 다음 법칙과 원리를 간단히 설명하여라.
   ① 운동량보존의 법칙
   ② 비침도법칙
   ③ 전기마당의 중첩원리
   ④ 로케트의 원리
3. 다음 물음에 간단히 대답하여라.
   ① 물체를 1m 들어올릴 때와 그것을 운동장에서 1m 끌고갈 때 어느쪽이 더 많은 일을 하는가?
   ② 발전기와 전동기의 가은 점과 다른점은 무엇인가?
   ③ 유전체의 분극과 정전기유도의 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?
   ④ 선륜의 유도저항의 물리적의미는 무엇인가?
4. 다음 계산문제들을 풀어보아라.
   ① 기차가 72km/h의 속도로 운동하다가 2m/s2의 가속도로 10s동안 운동하였다. 마지막속도는 얼마인가?
   ② 0.2㎌의 축전기를 100V로 충전하고 0.05㎌의 축전기를 50V로 충전하였다. 이 두 축전기를 병렬로 련결하면 그의 전압은 얼마로 되겠는가?
   ③ 어떤 자동차바퀴의 압력이 바깥대기압보다 2×105만큼 높다. 바퀴속의 공기의 밀도는 얼마인가? 바퀴속의 공기의 밀도는 얼마인가? 바퀴속의 공기와 대기의 온도는 같고 대기밀도는 1.3kg/m3이다.
4. 전기용량이 0.15㎌인 축전기와 유도결수가 50mH인 선륜이 병렬련결된 회로에 실효값이 5V인 교류전압이 걸린다. 교류의 주파수가 1KHz인 때와 1MHz인 때 축전기와 선륜에 흐르는 전류의 실효값들을 구하여라. 그리고 이 회로에 흐르는 전체 전류의 실효값은 얼마인가?

2안

1. 각을 지어 던진 물체의 자리길공식을 유도하여라.
2. 다음 법칙과 원리를 간단히 설명하여라.
   ① 각운동량보존의 법칙
   ② 빛이 굴절법칙
   ③ 파동의 중첩원리
   ④ 비행기가 뜨는 원리
3. 다음 물음에 간단히 대답하여라.
4. 다음 계산문제들을 풀어보아라.
   ① 총알의 질량은 10g이다. 총알이 총구를 벗어나는 순간의 속도가 800m/s라면 이 순간에 총알의 운동에네르기는 얼마인가?
   ② 절연내압이 500V이고 전기용량이 1㎌인 축전기들로 절연내압이 1 500V이고 전기용량이 2㎌인 축전기를 얻으려고 한다. 축전기 몇개로 어떻게 이어야 하겠는가?
   ③ 체적이 V1=0.02m3인 플라스크안에 압력 $P_1 = 400\text{kPa}$ 인 공기가 차있다. 여기에 압력이 $P_2 = 100\text{kPa}$ 인 기체가 차있는 체적이 $V_2 = 0.06\text{m}^3$ 인 다른 플라스크를 이었다. 압력이 얼마로 되겠는가?

5. $R = 3\Omega$ 인 저항기, $L = \dfrac{1}{\pi}H$ 인 선륜, $C = \dfrac{1}{\pi}\mu F$ 인 축전기가 직렬로 련결된 회로에 교전원장치를 련결하고 전원의 주파수를 변화시킨다. 단자전압의 실효값은 $U = 1V$ 로 고정시켰다.
   ① 주파수가 얼마일 때 전기공진이 일어나는가?
   ② 공진이 일어날 때 전류의 실효값은 얼마인가?
   ③ 유도저항과 용량저항에 걸리는 전압의 실효값은 얼마인가?

2003년

1. 자기마당의 에네르기에 대하여 써보아라.
2. 렌즈의 공식에 대하여 설명하여라.
3. 다음 물음에 대답하여라.

① 높이뛰기경기를 할 때 왜 달라리다 뛰여오리는가?

② 같은 부호로 대전된 두 구가 있다. 하나는 속이 차있고 다른것은 비여있다. 직경은 꼭같다. 두 구를 댔다떼면 전기량이 어떻게 나뉘겠는가?

③ 외부빛전기현상과 내부빛전기현상의 같은 점과 다른점은 무엇인가?

4. 체적이 1200m^{3}인 방이 있다. 방안의 온도가 13℃로부터 20℃까지 올라갈 때 몇m^{3}의 공기가 밖으로 나가겠는가? 방안과 바깍은 압력이 서로 같다.

5. 동의 밀도는 8900kg/m^{3}이고 원자량은 63.5이다. 동원자 1개는 평균 0.8개의 자유전자를 내놓는다. 동 1cm^{3}안에는 자유전자가 몇개나 들어있겠는가?

6. 경사각이 30° 인 경사면우에 질량이 1.5kg인 물체를 놓고 경사면을 따라 우로 50N의 힘으로 0.15s도안 밀어주고 놓으면 물체는 어떤 높이까지 올라가겠는가? 경사면과 물체사이의 마찰결수는 0.10이다.

7. 내부저항이 1kΩ인 전압계가 있다. 이 전압계는 150V의 전압밖에 잴수 없다. 1000V까지의 전압을 재려면 어떤 저항을 어떻게 이어야 하는가?

8. 전동력이 40V, 내부저항이 0.04Ω인 전원으로부터 50m만큼 떨어져있는 전기용접기까지 자름면적이 170mm^{2}인 동선으로 전류가 흐른다. 200A의 전류가 흐를 때 전원의 단자전압과 용접기의 단자전압을 구하여라. 이때 용접기에서 소비된 전력은 얼마인가? 동의 비저항은 1.72×10^{-8}Ω・m이다.

2004년

1. 파동의 중첩의 원리와 정상파에 대하여 써보아라.

2. 다음 법칙과 원리를 간단히 설명하여라.

   ① 운동량보존의 법칙

   ② 직류발전기의 원리

   ③ 빛의 굴절법칙

④ 현미경의 원리

3. 다음 물음에 간단히 대답하여라.

① 드림선을 따라 우로 물체를 v_0 의 속도로 던졌다. 물체의 속도가 던진 속도의 절반으로 작아지는 높이는 얼마인가?

② 유전체의 분극과 정전기유도의 비슷한 점과 다른점

③ 선륜의 유도저항의 물리적의미

④ 외부압력이 클수록 액체의 끓음점이 높은 리유는 무엇인가?

⑤ 금속이나 반도체에서 전기저항이 생기는 리치는 같다. 그런데 왜 온도가 높아질 때 금속은 저항이 커지고 반도체는 저항이 작아지는가?

4. 다음 계산문제들을 풀어라.

① 3개의 계단으로 된 우주로케트가 발사되였다. 1, 2, 3계단의 질량은 각각 2t, 1t, 0.5t이다. 1계단이 분리된 후 로케트의 속도가 2km/s로 되였을 때 2계단이 또 분리되였다. 이때 3계단의 속도는 얼마로 되였겠는가? 3계단의 가속도가 얼마여야 100s후에 인공위성을 바깥으로 분리시켜 내보낼수 있겠는가?(2계단에서의 연료량의 변화는 무시할것)

② 같은 자리각으로 떠는 두 파원에서 점 A까지이 거리가 45cm, 60cm이다. 파동의 파장이 30cm이라면 간섭결과 점 A는 어떤 진폭으로 떨겠는가?

③ 200V인 교류전원에 선륜을 이었더니 그속으로 0.4A의 전류가 흘렀다. 교류의 주파수가 60Hz라면 선륜의 유도결수는 얼마인가?

5. 저항이 $R=3\Omega$ 이고 출력이 $P=50\text{W}$ 인 고성기가 있다. 증폭기로부터 고성기까지 늘인 전기줄의 길이는 두줄을 합쳐서 모두 10m이다.

① 증폭기출력의 5%가 전기줄에서 쥴열로 손실되는것을 허용할 때 전기줄의 저항은 얼마로 되여야 하는가?

② 이 전기줄이 동선이라면 그 굵기(자름면적)는 얼마이여야 하는가?(동선의 비저항은 $1.7\times10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$이다.)

2005년

1. 간단히 써보아라.

 관성모멘트, 변압비, 열전대, 증발열, 전기마당의 세기와 단위

2. 다음 물음에 간단히 대답하여라.

 ① 두 물체가 서로 다른 높이에서 동시에 떨어진다. 이 두 물체사이의 거리가 물체들이 떨어지는 동안 일정하겠는가?

 ② 축전기를 병렬련결한 경우에 전체 전기용량은 커지고 직렬련결하는 경우에는 작아진다. 왜 그렇게 되는가를 설명하여라.

 ③ 변압기의 2차권선에 부하를 련결하지 않을 때 2차권선에 유도전동력이 생기는가? 만약 생긴다면 이 현상도 전자기유도현상인가?

 ④ 등속원운동의 속도의 크기는 늘 일정한데 왜 향심가속도를 가지는가?

 ⑤ 파동이 전파될 때 매질의 매 립자들은 어떻게 움직이겠는가?

3. 흐름의 련속방정식을 끌어내고 설명하여라.

4. 공식 $R=U/I$ 의 물리적의미에 대한 아래설명에서 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

 ① 도체속에서 전류가 세게 흐를수록 도체의 전기저항은 작아진다.

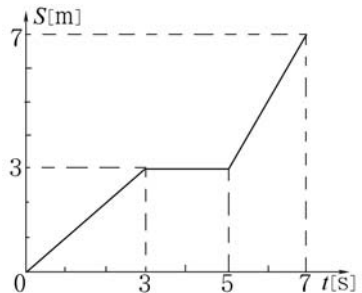
 ② 도체의 량끝에 걸린 전압이 클수록 저항이 커진다.

 ③ 도체의 저항은 도체의 량끝에 걸린 전압과 그것에 흐르는 전류의 세기의 비와 같다.

5. 그림과 같이 표시된 $S-t$ 그라프에 의하여 운동을 밝히고 $v-t$ 그라프로 표시하여라.

그림 1

6. 운동량보존법칙을 알바보는 실험순서와 방법을 써보아라.

7. 어떤 기구가 2cm/s2의 가속도로 드림선우로 떠올라가고있다. 움직이기 시작하여 5s지난 다음에 기구에서 물체를 떨어뜨렸다.

① 물체가 떨어지는 첫 순간 기구의 속도와 높이를 구하여라.

② 몇s후에 물체가 땅에 떨어지겠는가? 중력가속도를 10m/s2 으로 하여라.

8. 전자선관의 수직편향전극의 길이는 2cm, 간격은 1cm, 두 전극사이의 전압은 100V, 편향판의 끝에서 형광판까지의 거리는 20cm이다. 10^7m/s의 속도로 가속된 전자가 편향판사이로 전력선에 수직되게 들어온다면 형광판에 부딪쳤을 때 기울어진 거리는 얼마인가?

2006년

1. 다음 물음에 대답하여라.

① 관이 좁을수록 실관현상이 더 잘 일어난다. 왜 그런가?

② 무효저항에서는 전기가 랑비되는가? 무효전력을 작게 하자면 어떻게 해야 하는가?

③ 자체유도현상과 호상유도현상의 공통점과 차이점은 무엇인가?

④ 열전대에서 열전동력이 어떻게 생기는가?

⑤ 파동과 진동의 차이점과 련관관계는 무엇인가?

2. 교류전동기의 작용원리를 설명하여라.

3. 그림에 같은 방향으로 운동하는 물체 a, b의 속도그라프를 표시하였다. 이 그라프를 리용하여 두 물체 a, b의 거리그라프를 그리고 운동과정을 설명하여라.

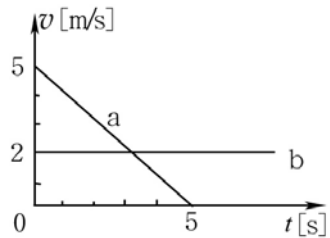



그림 2

4. 마찰결수를 측정하는 시령멩서 필요한 기구와 재료, 실험순서와 방법을 써보아라.

5. 균일한 두께를 가진 나무판의 길이는 15m이고 무게는 400N이다. 8m의 거리를 두고 두 받침대가 대칭으로 놓여있다. 무게가 500N인 사람이 왼쪽받침대에서 출발하여 오른쪽으로 걸어간다. 판이 쳐들리기전에 이 사람이 걸어갈수 있는 거리는 오른쪽받침대를 지나서 몇m인가?

6. –전기를 띤 물체가 만드는 전기마당의 무한히 먼 점으로부터 어떤 점 a까지 0.2×10^{-2}C의 검전기를 천천히 가져올 때 외부힘은 −8J의 일을 하였다. 점 a의 전위를 구하여라.

7. 전차가 $v_0 = 14.7$m/s의 속도로 달리던중 제동이 걸려 감속운동을 하다가 멎었다. 제동힘의 크기가 전차무게의 1/4과 가다면 제동이 걸린 때로부터 멎을 때까지 걸린 시간과 거리는 얼마인가?

8. 기중기가 1.2t의 물체를 30s동안에 등속으로 15m 높이에 들어올린다. 이때 전동기의 량끌에 걸린 전압이 220V이고 전동기의 효률이 90%이라면 다음의것을 구하여라.
   ① 전동기의 입구전력은 얼마인가?
   ② 전동기의 소비전력은 얼마인가?
   ③ 전동기에서 매 분당 쓸모없이 방출되는 열량은 얼마인가?

1안 (종합대학입학시험문제)

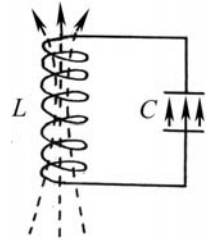
옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

1. 중성자를 $^{10}_{5}\mathrm{B}$에 쏘였을 때 핵반응 $^{10}_{5}\mathrm{B}+^{1}_{0}\mathrm{n}\rightarrow^{7}_{3}\mathrm{L}i+(\quad)$이 일어났다. 이 식에서 (   )칸에 어느것을 넣어야 하는가를 아래에서 선택하고 리유를 밝히여라.

   ㄱ) α립자 ㄴ) 양성자 ㄷ) 중성자 ㄹ) β립자

2. LC진동회로에서 선륜안에 형성된 자기마당방향과 축전기의 전기마당방향은 같다. 그림으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.
   ㄱ) 회로에 흐르는 전류의 세기는 커진다.
   ㄴ) 전기마당의 에네르기는 자기마당의 에네르기로 넘어간다.
   ㄷ) 축전기는 충전된다.
   ㄹ) 축전기의 전압은 높아진다.

그림 3

3. 온도에 대한 다음의 설명에서 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.
   ㄱ) 온도가 높아진다는것은 물체의 내부에네르기가 커진다는것을 가리킨다.

ㄴ) 온도는 물체를 이루는 분자들의 열운동의 평균속도의 크기를 가리킨다.

ㄷ) 온도는 물체를 이루는 분자들의 평균열운동에네르기의 크기를 가리킨다.

ㄹ) 온도는 물체의 열에네르기의 크기를 가리킨다.

4. 물체가 볼록렌즈를 거쳐 비춤판에 확대된 상을 만든다. 만일 물체로부터 볼록렌즈까지의 거리를 절반으로 줄이면 비춤판에 어떤 상이 생기겠는가? 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 상이 생기지 않는다.

ㄴ) 바로 서고 확대된 상이 얻어진다.

ㄷ) 거꾸로 서고 축소된 상이 얻어진다.

ㄹ) 거꾸로 서로 확대된 상이 얻어진다.

5. 수평으로 던진 물체의 운동에 대하여 아래와 같이 설명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 운동시간은 처음속도와 높이에 의하여 결정된다.

ㄴ) 수평으로 운동한 거리는 처음속도와 높이에 의하여 결정된다.

ㄷ) 속도와 가속도는 다 변화된다.

ㄹ) 이 운동은 속도가 변하는 곡선운동이다.

6. 질량이 일정한 물체의 운동량에 대하여 아래와 같이 실명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 물체의 운동량이 변하였다면 반드시 속도의 크기가 변하였다.

ㄴ) 물체의 운동량이 변하였다면 반드시 속도의 방향이 변하였다.

ㄷ) 물체의 운동량이 변하였다면 반드시 속도가 변하였다.

ㄹ) 물체의 운동량이 변하였다면 반드시 받는 힘이 변하였다.

7. 빛전기현상에 대한 실험에서 센 보라색빛을 어떤 금속에 쪼였던 얻어진 빛전자의 최대운동에네르기는 E_k, 빛전류는 I로 되였다. 여기에 다시 약한 자외선을 쪼여주었다. 그 결과가 이떻게 되였겠는가? 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 빛전기현상이 생기지 않는다.

ㄴ) 튀여나온 빛전자의 최대운동에네르기는 $E_K' > E_K$ 이다.

ㄷ) 얻어진 빛전류는 $I' > I$ 이다.

ㄹ) 얻어진 빛전류는 $I' < I$, 최대운동에네르기는 $E_K' > E_K$ 이다.

8. 두 평행도선으로 크기가 같고 방향이 반대인 전류가 흐른다. 두 도선에 의하여 나뉘여지는 공간은 ①, ②, ③구역이다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 두 도선에는 서로 당기는 힘이 작용한다.

ㄴ) ②구역에서 자기마당은 령이다.

ㄷ) 자기마당이 령인 구역은 ①, ③이다.

ㄹ) 자기마당이 령인 구역은 없다.

①

②

③

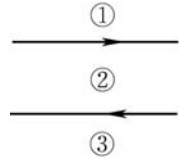



그림 4

9. 바줄을 따라 파동이 어느 한 방향으로 전파된다. 전파방향에 점 A, B가 있는데 그것들의 전동의 방향은 꼭같고 점 C는 점 A, B사이의 중간에 놓여있다. 점 C는 아래와 같이 진동한다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 점 A, B의 진동의 방향과 반드시 같은 방향으로 진동한다.

ㄴ) 점 A, B의 진동의 방향과 반드시 반대이다.

ㄷ) 점 A의 진동의 방향과 같고 점 B의 진동방향과 반대이다.

ㄹ) 점 A, B의 진동의 방향과 같거나 반대일수 있다.

10. 전기띤 립자가 놓여있는 구역에 고른자기마당을 걸어주었다. 이때 립자는 아래와 같이 운동한다.(중력은 고려하지 않는다.) 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 등속원운동을 한다.

ㄴ) 등가속운동을 한다.

ㄷ) 등속직선운동을 한다.

ㄹ) 정지상태를 유지한다.

11. 아래의 어느 한 마찰력의 크기가 누르는 힘의 크기게 무관계한가를 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 미끄럼마찰력

ㄴ) 굴음마찰력

ㄷ) 정지마찰력(최대값을 포함하지 않는다.)

ㄹ) 최대정지마찰력

12. 빛의 분산현상은 아래와 같은 내용을 설명한다. 옳은것을 섄택

하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 서로 다른 색의 빛은 진공에서 속도가 같다.

ㄴ) 서로 다른 색의 빛은 진공에서 서로 다른 속도를 가진다.

ㄷ) 서로 다른 색의 빛은 같은 매질에서 같은 속도를 가진다.

ㄹ) 서로 다른 색의 빛은 같은 매질속에서 서로 다른 속도를 가진다.

(빈칸에 알맞는 답 써넣기)

13. 질량 $m=2\text{kg}$인 물체의 $v-t$, $F-S$ 그라프가 그림처럼 주어졌다. 0～5s동안에 힘 F가 하는 일은 [ ], 5～10s동안에 하는 일은 [ ], 10～15s동안에 하는 일은 [ ], 힘 F의 최대일능률은 [ ]이다.

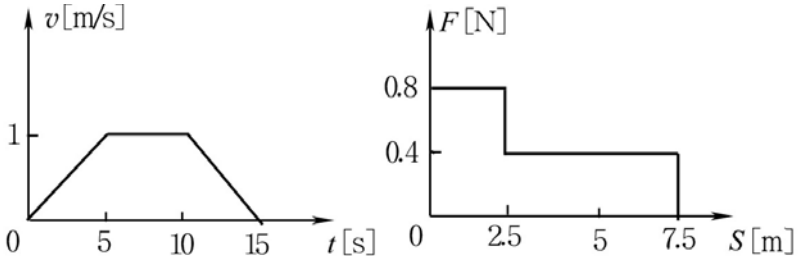



그림 5

14. 수평으로 회전하는 원판우의 회준축에서 $R=0.2m$인 곳에 질량이 300g인 물체가 놓여 원판과 함께 등속원운동을 한다. 원판의 회전수가 15min^{-1}이라면 물체를 원운동시키는데 필요한 향심력은 [ ]이며 그의 크기는 [ ]이다.

15. 최대전류가 10A이고 내부저항이 0.1Ω인 전류계를 써서 100A의 전류를 재려면 [ ]Ω인 저항을 전류계와 [ ]로 이어야 한다.

실험문제

16. 어떤 물체의 길이를 3번 측정하여 2.09m, 2.1m, 2.11m의 값을 얻었다. 이 물체의 길이는 [ ]이고 측정의 절대오차는 [ ]이며 측정의 상대오차는 [ ]이다.

17. 서로 다른 액체를 담은 그릇 2개, 질량이 같은 2개의 금속물체, 가는 막대기, 실, 받침대, 자가 주어졌다. 이 실험기구와 재료를

가지고 이 두 액체의 밀도의 비를 결정하는 식은 $\frac{\rho_1}{\rho_2}=$ [ ] 이며 여기서 측정하여야 할 물리적량은 [ ] 이다.

그리기문제

18. 구가 1.8m의 높이에서 자유락하하여 땅에 충돌한 다음 다시 0.45m의 높이에 튀여오른다. 이 구가 땅과 2번 충돌하는 시간동안의 $S-t$ 그라프를 그리여라.

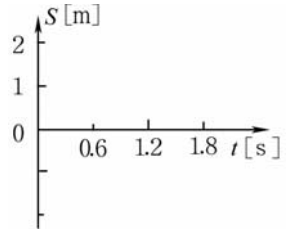



그림 6

19. 질량 $m=5\text{g}$, 길이 $l=1\text{m}$ 인 금속막대기가 그림과 같이 땅면에서 $h=0.8\text{m}$ 떨어져 수평으로 놓여있는 전기회로의 도선의 한 부분을 이루고 있다. 고른자기마당 $B=0.5\text{T}$ 를 드림선아래방향으로 이 전기회로의 면에 작용시키면서 스위치 K를 닫자. 금속막대기는 회로자리길끝까지 옮겨가 자리길끝으로부터 수평거리로 $S=$ 0.64m 되는 땅면에 떨어졌다. 금속막대기가 회로자리끝까지 옮겨가는동안 이 금속막대기를 거쳐 흐른 전기량은 얼마인가?

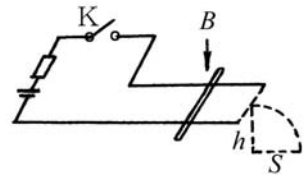



그림 7

20. 한쪽이 막힌 U 자형유리관에 수은이 들어있다. 막힌 공기기둥의 높이는 30cm, 열린쪽의 수은기둥의 높이는 막힌쪽의 수은기둥의 높이보다 10cm 더 높다. 이 U 자형관은 승강기안에 놓여있다. 승강기가 중력가속도의 절반만한 가속도로 올라간다면 U 자형관안의 두 수은기둥의 높이차는 얼마이겠는가? 승강기안의 공기압력은 0.1Mpa이다.

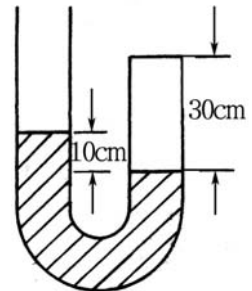
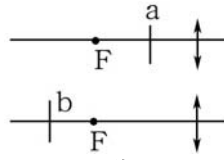



그림 8

2안(종합대학입학시험문제)

옳은것을 선택하고 리유 밝히기

1. 수소원자가 량자수 $n=3$인 려기상태에 있다. 이 수소원자가 몇가지 종류의 빛량자를 낼수 있는가를 선택하고 리유를 밝히여라.

   ㄱ) 1개 ㄴ) 2개 ㄷ) 3개 ㄹ) 무수히 많다.

2. 력학적진동과 력학적파동에 대한 아래의 설명에서 정확한것을 선택하고 리유를 밝히여라.

   ㄱ) 력학적진동이 있으면 반드시 력학적파동이 있다.

   ㄴ) 력학적파동이 있으면 반드시 력학적진동이 있다.

   ㄷ) 파동의 진동수는 이 파동에서 질점의 진동수와 같다.

   ㄹ) 파동의 전파속도는 이 파동에서 진동하는 질점의 속도와 같다.

3. 일정한 질량을 가진 리상기체에 대하여 아래와 같이 설명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

   ㄱ) 압력을 일정하게 유지하면서 체적을 증가시키면 내부에네르기는 반드시 증가한다.

   ㄴ) 온도를 일정하게 유지하면서 체적을 감소시키면 내부에네르기는 반드시 증가힌다.

   ㄷ) 체적을 일정하게 유지하면서 압력을 증가시키면 내부에네르기는 반드시 증가한다.

   ㄹ) 압력은 증가하고 체적을 감소시키면 내부에네르기는 반드시 증가한다.

4. 그림과 같이 주빛축에 수직으로 놓여있는 두개의 볼록렌즈앞 a, b위치에 각각 손목시계가 놓여있다. 렌즈의 다른쪽에서 시계는 다음과 같이 보인다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

   그림 9

   ㄱ) a의 시계바늘은 회전방향이 변하지 않는것으로 보인다.

   ㄴ) b의 시계바늘은 반대로 돌뿐아니라 시계판의 상하좌우가 다 바뀐것으로 보인다.

   ㄷ) b의 시계바늘은 회전방향이 변하지 않으며 시계판의 상하좌우가 다 바뀐것이로 보인다.

ㄹ) b의 시계바늘은 회전방향이 변하지 않으며 시계판의 상하만 바뀐것으로 보인다.

5. 한 사람이 높이 h인 곳에서 질량이 m인 구를 우로 던졌다. 구가 최고점에 이르렀을 때 속도는 v_1, 땅면에서부터의 높이는 H, 땅면에 떨어지는 순간의 속도는 v_2이다. 공기의 저항력을 무시한다면 구에 대하여 사람이 한 일은 아래와 같다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) $\frac{1}{2}mv_1^2+mgh$ ㄴ) $\frac{1}{2}mv_2^2+mgh$

ㄷ) $\frac{1}{2}mv_2^2-mgh$ ㄹ) $\frac{1}{2}mv_1^2-mg(H-h)$

6. 선수가 땅면에서 뛰여오를수 있게 하는 리유에 대하여 다음과 같이 설명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 선수에 대한 땅면의 맞선힘이 땅면에 대한 선수의 누름힘보다 크기때문이다.

ㄴ) 땅면에 대한 선수의 누름힘이 선수나 받는 중력보다 크기때문이다.

ㄷ) 선수에 대한 땅면의 맞선힘이 선수가 받는 중력보다 크기때문이다.

ㄹ) 선수에 대한 땅면의 맞선힘과 땅면에 대한 선수의 누름힘의 합력이 순서의 중력보다 크기때문이다.

7. 방사성원천에서 나오는 방사선이 고른자기마당구역에 수직으로 들어가 그림과 같은 2개의 자리길을 남긴다. 기울어지는 경로에 대한 아래의 설명에서 옳은것을 샌택하고 리유를 밝히여라.

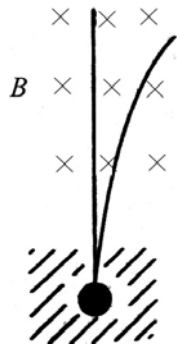
그림 10

ㄱ) 반드시 α선이다.

ㄴ) 반드시 γ이다.

ㄷ) 반드시 β선이다.

ㄹ) α선이 아니면 β선이다.

8. 전기띤 립자가 일정한 속도로 고른자기마당구역에서 운동하는 과정을 다음과 같이 설명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 운동량과 운동에넬기가 다 변화된다.

ㄴ) 운동량과 운동에네르기가 다 변하지 않는다.

ㄷ) 운동량은 변하지만 운동에네르기는 변하지 않는다.

ㄹ) 운동량은 변하지 않으나 운동에네르기는 변한다.

9. 그림에서 가로파가 바줄을 따라 오른쪽으로 전파하여 파동을 이룬다. 이 바줄의 6개 질점에 대하여 다음과 같이 설명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

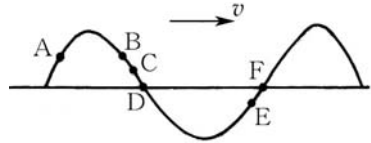



그림 11

ㄱ) 그것들의 진폭은 꼭같다.

ㄴ) 질점 D와 F의 속도의 방향은 꼭같다.

ㄷ) 질점 A와 C보다 먼저 평형자리에 이룬다.

ㄹ) 질점 B는 C보다 먼저 평형자리에 이룬다.

10. 전력선에 대하여 다음과 같이 설명하였다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 전력선은 전기마당에서 대전립자가 운동하는 자리길이다.

ㄴ) 전력선방향으로 갈수록 전기마당의 세기는 반드시 작아진다.

ㄷ) 전력선방향으로 갈수록 전위는 반드시 낮아진다.

ㄹ) 전기마당속의 임의이 두 전력선은 서로 사귀지 않는다.

11. 물체의 중력중심에 대한 아래의 설명에서 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 중력중심은 물체안의 가장 무거운 점이다.

ㄴ) 형태가 규칙적인 물체의 기하학적중심은 중력중심과 일치한다.

ㄷ) 중력중심은 물체의 각 부분이 받는 중력의 합력의 작용점이다.

ㄹ) 중력중심은 중력의 작용점이기때문에 물체밖에 일을수 없다.

12. 광원 S에서 나온 흰빛이 3각프리즘을 지나 분산된다. 이제 굴전빛선뒤에서 빛선의 반대방향을 관찰하면 다음과 같이 보인다. 옳은것을 선택하고 리유를 밝히여라.

ㄱ) 흰빛

ㄴ) 웃부분은 붉은색, 아래부분은 보라색

ㄷ) 웃부분은 보라색, 아래부분은 붉은색

ㄹ) 광원의 상을 볼수 없다.

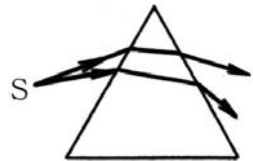



그림 12

빈칸에 알맞는 답 써넣기

13. 그림은 시간에 따르는 운동에네르기변화를 나타내는 그라프이다. 등속선운동을 나타내는 그라프 ☐, 자유락하운동을 나타내는 그라프는 ☐, 수평으로 던진 불체의 운동을 나타내는 그라프는 ☐, 드림선우로 던진 물체의 운동을 나타내는 그라프는 ☐이다.

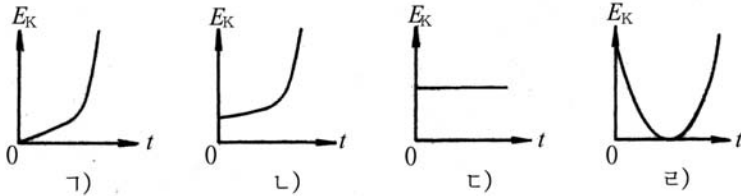



그림 13

14. 질량이 m인 물체가 속도 v를 가지고 반경이 R인 등속원원운동을 한다. 1/4주기동안 운동하였을 때 운동량이 증가한 크기는 ☐, 1/2주기동안 운동하였을 때 운동량이 증가한 크기는 ☐이다.

15. 저항이 5Ω이고 10mA까지의 최대전류가 흐를수 있는 계기를 가지고 10V까지 잴수 이쓴 전압계를 만들려고 한다. ☐인 저항을 ☐로 이어야 한다.

실험문제

16. 천평으로 물체의 질량을 여러번 재였는데 매번 12.5g이였다. 천평의 제일 작은 분동의 질량은 100mg이다. 이 물체의 질량은 ☐이고 절대오차는 ☐, 상대오차는 ☐이다.

17. 나무토막, 메스실린더, 물그릇, 긴 금속바늘이 있다., 이 기구와 재료를 가지고 나무토막의 밀도를 결정하는 밀도식은 $\rho=$☐이며 여기서 측정해야 할 물리적량은 ☐이다.

18. 구가 1.8m의 높이에서 자유락하하여 땅면과 충돌한 다음 다시 0.45m의 높이에 튀여오른다. 이 구가 땅면과 2번 충돌하는 시간동안 $v-t$그라프를 그리여라.

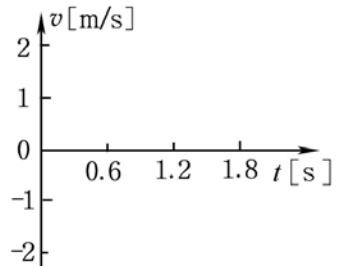



그림 14

19. 그림에서 고른전기마당의 세기는 $E = 2\text{N/C}$ 이고 고른자마당의 자기유도는 $B = 0.5\text{T}$ 이며 두 마당이 수직으로 사귄다. 절연판은 수평면과 $\theta = 37°$ 의 각을 이룬다. 질량이 $m = 0.9\text{g}$ 이고 전기량이 $q = 5\times10^{-4}\text{C}$ 인 구가 정지상태로부터 미끄러져내린다. 절연판과 대전구의 미끄럼마찰결수는 $\mu = 0.5$ 이다. 구가 등속으로 운동하는 속도는 얼마로 되겠는가? ($\sin 37° = 0.6$, $\cos 37° = 0.8$, $g \approx 10\text{m/s}^2$)

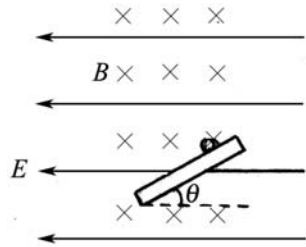



그림 15

20. 그림에서 U 자형유리관의 한쪽은 열리고 한쪽은 막혀있다. 원래 량쪽의 수은면은 꼭 같았고 막힌쪽의 기체기둥의 길이는 10cm였다. 이제 여닫이 K를 열어 수은을 좀 뽑았더니 열린쪽으 수은면은 원래보다 10cm 내려갔다. 막힌 쪽의 수은면은 얼만 내려갔는가? 대기압은 0.1Mpa로 보아라.

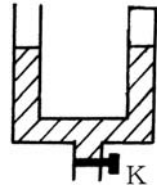



그림 16

2007년

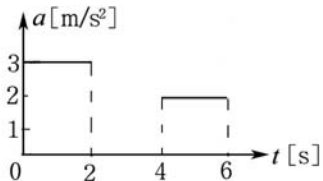
1안

1. 간단히 대답하여라.
   ① 부등속직선운동이란 ② 가속도란 ③ 중력의 자리에네르기 ④ 전위란 ⑤ 녹음이란 ⑥ 빛의 굴절이란 ⑦ 오른손규칙이란 ⑧ 진동이란 ⑨ 삼투란 ⑩ 운동량보존법칙이란
2. 다음 물음에 대답하여라.
   ① 등속원운동의 속도의 크기는 늘 일정한데 왜 향심가속도를 가지는가?
   ② 축전기를 직렬, 병렬련결해서 쓰는 리유
   ③ 반도체와 금속의 전기적특성의 차이점
   ④ 정상파와 전파되는 파동을 비교해보고 다른점을 밝히여라.
3. 적심현상이란 무엇이며 실관현상이 생기는 원인을 설명하고 실

관에서 액체기둥이 올라간 높이가 어디에 관계되는가?

4. 그림에 물체의 시간과 가속도사이 관계그라프를 보여주었다. 이 그라프를 리용하여 거리그라프를 그리고 운동과정을 설명하여라.

그림 17

5. 다음의 기구와 재료를 가지고 등전위선그리기실험순서와 방법을 써보아라.
   저압전원장치, 원형전극, 평판전극, 검류계(또는 수화기). 전도성종이(소금물 또는 류산용액으로 적신 종이), 깨끗한 모래, 모래그릇(20×30cm), 련결도선(절연손잡이에 탐침이 달린 련결도선 2개, 전극에 이은 도선 2개)

6. 질량이 3t인 자동차가 재동을 건 다음 2s동안에 6m의 거리를 가서 멎었다. 제동힘의 크기와 제동을 건 순간 자동차의 속도를 구하여라.

7. 0℃의 물 1 000*l* 들어있는 목욕탕물을 40℃까지 덥히기 위하여서는 100℃의 수증기를 얼마나 물속에 뿜어넣어야 하는가? 수증기의 비증발열은 2260kJ/kg이고 물의 비열은 4200J/(kg·℃)이다.

8. 220V에 사용하는 200W와 300W의 전열기가 있다. 이 두 전열기를 직렬로 련결하고 220V의 전압을 걸 때 단위시간동안에 나오는 열량은 얼마인가? 이 열량은 두 전열기를 병렬로 련결할 때의 총열량보다 큰가 작은가?

9. 그림과 같이 질량이 250g인 고르로운 보가 두 받침점에 기대여 평형을 이루고 있다. 보의 두 끝에는 보와 수직으로 크기가 같은 8N의 힘이 작용한다. 보의 길이는 1m이다. 받침점 C는 보의 가운데에 있고 C′는 A와 C의 가운데 있따. 받침점들에서 보가 받는 힘을 구하여라.

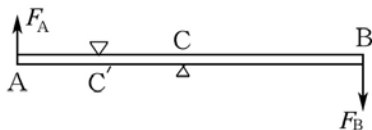



그림 18

2안

1. 간단히 대답하여라.
   ① 등가속직선운동이란 ② 속도란 ③ 운동에네르기란 ④

전압이란 ⑤ 증발이란 ⑥ 빛의 반사란 ⑦ 왼손의 규칙이란 ⑧ 파동이란 ⑨ 확산이란 ⑩ 아르키메데스법칙이란

2. 다음 물음에 대답하여라.

① 등속직선운동하는 물체가 등속원운동을 하게 하려면 힘을 어떻게 작용하여야 하는가?

② 전지를 병렬 또는 직렬련결하여 쓰는 리유는 무엇인가?

③ 순수반도체와 혼입물반도체의 전도성에서 차이점은 무엇인가?

④ 진동수가 일정할 때 주어진 줄을 따라 퍼지는 파동의 전파속도는 무엇에 관계되는가?

3. 액체의 겉면장력이란 무엇이며 그것이 생기는 원인과 겉면장력의 크기, 겉면장력의 방향을 설명하여라.

4. 그림은 운동하는 물체의 속도그라프를 보여주었다.이 그라프를 리용하여 물체의 거리그라프를 그리고 운동과정을 설명하여라.

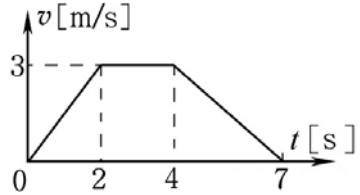



그림 19

5. 다음의 기구와 재료를 가지고 전자기유도현상을 알아보는 실험순서와 방법을 써보아라.

영구자석, 유도선륜(큰 선륜과 그안에 들어갈수 있는 작은 선륜), 검류계, 전원(건전기 또는 축전지), 스위치, 련결도선

6. 꼭같은 힘을 두 물체에 주었더니 그것들의 가속도가 각각 $8m/s^2$, $24m/s^2$으로 되였다. 두 물체를 하나로 잇고 우와 가은 힘을 주면 가속도는 얼마로 되겠는가?

7. 온도가 8℃인 350g이 물이 들어있는 동으로 만든 열량계에 온도 100℃인 수증기가 통과한 다. 열량계속의 물의 온도를 40℃로 높이려면 얼마만한 량의 수증기를 통과시켜야 하는가? 열량계의 비열은 무시하고 수증기의 비증발열은 2260kJ/kg, 물의 비열은 4200J/(kg・℃)이다.

8. 방안온도 20℃에서 2kg의 물을 10min동안에 끓일수 있는 전열기를 만들려고 한다. 전열기의 효률은 80%이다. 이 전열기에 200V의 전압을 걸려고 한다. 전열기의 가열선의 저항은 얼마인가?

9. 질량이 15kg인 굵은 막대기를 벽에 박았다. 막대기는 그림에서 보는바와 같이 A와 B점에서 벽에 기대게 된다. 다음 이 막대기

의 다른쪽 끝 C에 15kg의 물체를 매달았다. A와 B에 걸린다고 하고 이 점들이 받게 되는 힘들을 구하여라.

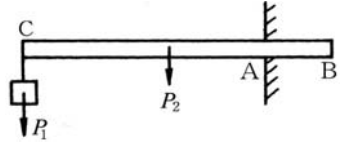



그림 20

2008년

1안

1. 다음 개념을 정의하여라.

   ① 벡토르량 ② 전류의 세기와 그 단위 ③ 굴절률
   ④ 증발열 ⑤ 초음파

2. 다음 물음에 간단히 대답하여라.

   ① 기차가 짐을 많이 끌때에는 뒤로 물러났다가 끈다. 왜 그렇게 하는가?
   ② 열린 그릇속의 물의 온도는 방안온도보다 낮고 닫긴 그릇속의 온도는 방안온도와 같다. 왜 그런가?
   ③ 전동력과 전압의 공통점과 차이점은 무엇인가?
   ④ 전해질용액속에 이온들이 있다. 전해질용액의 주위에 전기마당이 있는가? 왜 그런가?
   ⑤ 흔들이벽시계에서는 왜 흔들이의 진동이 잦아들지 않는가?

3. 고체의 구조와 분자들의 열운동에 대하여 설명하여라.
4. 강자성체의 자화실험에 필요한 기구와 재료, 실험방법을 써보아라.
5. 질점의 자리표와 시간사이의 관계가 $x = 4 - t$, $y = 2 + 2t$ 일 때 $x-t$, $y-t$ 그라프를 그리여라.
6. 그림과 같이 고정도르래에 걸쳐놓은 줄의 한 끝에 질량이 m_1 인 추를 매달고 그 줄의 다른쪽에 걸어놓은 이동도르래에는 질량이 m_2 인 추를 매달았다. 추 m_1 가 내려가는 경우에 그것의 가속도는 어떻게 되겠는가? 그리고 이 추가 내려가기 위한 조건은 무엇인가?
   도르래와 줄의 질량 및 마찰은 무시하며 줄은

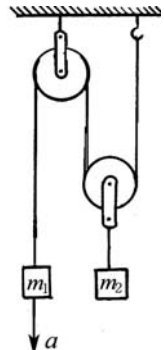



그림 21

늘어나지 않는다고 본다.

7. 랭동기에서 10℃인 물을가지고 -3℃인 얼음 300g을 4h동안에 얻었다. 물과 얼음이 내보낸 열량은 얼마인가? 랭동기가 70W의 일능률에 해당한 전력을 쓴다면 물과 얼음이 내보낸 열량은 랭동기가 소비한 진기에네르기의 몇%인가? 얼음과 물의 비열은 각가 2 100J/(kg·℃), 4 200J/(kg·℃)이고 얼음의 비녹음열은 3.3×10^5J/kg이다.

8. 수평면과 어떤 각을 지어 10m/s의 속도로 던진 공의 속도가 0.5s지나서 7m/s로 되였다. 공이 올라간 최고높이와 전체 운동시간을 구하여라.

9. $C=20\mu\mathrm{F}$ 인 축전기와 $L=1.68\mathrm{H}$ 인 선륜과 $R=1000\Omega$ 인 저항이 직렬련결된 회로에 주파수가 $\nu=60\mathrm{Hz}$ 이고 실효값이 $I=0.15\mathrm{A}$ 인 교류가 흐른다. 회로에서 소비되는 진력을 구하여라.

10. 진동수가 4Hz인 파동이 2m/s의 속도로 퍼져나간다. 파동이 퍼지기 시작해서 1s되는 시각에 파원으로부터 각각 12.5cm, 25cm, 50cm, 75cm 떨어진 점에서의 자리각을 구하여라.

2안

1. 다음 개념을 정의하여라.
   ① 스칼라량 ② 전압과 그 단위 ③ 전반사
   ④ 포화증기 ⑤ 플라즈마
2. 다음 물음에 간단히 대답하여라.
   ① 도끼애 자루를 맞출때 어떻게 하는가? 그 리유를 설명하여라.
   ② 플라스크속의 물을 끓이다가 멈추고 마개를 막은후 찬물을 끼얹으면 다시 끓는다. 왜 그런가?
   ③ 전지를 병렬 또는 직렬로 련결하여 쓰는 리유는 무엇인가?
   ④ 금속의 저항은 온도가 높아지면 커진다. 그러나 전해질의 저항은 온도가 높이질수록 작아진다. 왜 그런가?
   ⑤ 립자들이 호상 작용하지 않는다면 파동이 퍼질수 있겠는가?
3. 액체의 구조와 분자들의 열운동에 대하여 설명하여라.
4. 전자기유도현상실험에 필요한 기구와 재로, 실험방법을 써보아라..

5. 물체가 운동한 거리와 시간사이에 $S = 4 + 0.5t^2$ 의 관계가 있다. $t = 0, 1, 2, 3, 4s$ 일 때의 거리를 계산하고 $S-t$ 그라프를 그려라.
6. 그림과 같이 경사각이 $30°$ 인 경사면에 설치한 도르래에 줄을 걸고 줄의 량끝에 질량이 각각 $m_1 = 0.3kg$ 과 $m_2 = 0.2kg$ 인 물체들을 련결하였다. 물체들의 가속도와 줄의 장력을 구하시오. 줄은 늘어나지 않으며 마찰은 없다. 도르래와 줄의 질량은 무시한다.

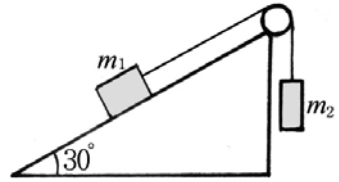



그림 22

7. 질량이 27g인 플라스크안에 20℃의 물 400g이 들어있다. 플라스크를 1min동안에 알콜이 2g씩 타는 알콜등우에 올려놓고 물을 데울 때 그 물이 끓어서 전부 수증기로 되는대 걸리는 시간을 구하시오. 플라스크의 비열은 630J/(kg・℃)이고 알콜의 발열량은 27.17×10^6J/kg, 물의 비증발열은 2.25×10^6J/kg이다. 그리고 알콜등의 효률은 50%이다.
8. 땅면으로부터 2m의 높이에 있는 전호에서 셔평으로 10m 떨어진 6m 높이의 담벽을 넘기려고 수평면과 $30°$ 의 각으로 수류탄을 던졌다. 최소한 얼마의 속도로 수류탄을 던져야 하는가?
9. 유효저항이 60Ω이고 유도결수가 0.2H인 선륜에 60Hz, 220V의 교류전압이 걸리면 유효전력은 얼마인가? 력률이 1로 되게 하기 위해서는 전기용량이 얼마인 축전기를 직렬련결해야 하는가?
10. 파원으로부터 각각 $x_1 = 10\mathrm{m}$, $x_2 = 16\mathrm{m}$ 의 거리에 떨어져있는 두 점들에서의 자리각차는 얼마인가? 진동주기는 이고 파동의 전파속도는 $v = 350\mathrm{m/s}$ 이다.

2009년

1안

1. 다음의 개념을 정의하여라.
운동에네르기, 튐성, 굴음마찰력, 등온법칙, 자체유도
2. 다음 물음에 간단히 대답하여라.
① 빈 몸으로 서있을 때에는 곧바로 서있지만 한쪽손에 무거운

짐을 들 때에는 몸을 반대쪽으로 기울인다. 왜 그런가?

② 번개치거나 전동기가 돌아가는 순간, 용접할 때 TV이 《뿌직뿌직》하는 현상이 나타난다. 괘 그런가?

③ 멎어있는 물체가 내는 소리는 바람이 불어오는 쪽과 반대쪽에서 들을 때에 소리높이에서 차이가 있는가, 없는가. 왜 그런가?

④ 초불이나 백열등아래에서 갈라보기 힘든 색갈은 무엇이며 왜 그런가?

⑤ 안경을 낀 사람들은 겨울에 밖에서 방안을 들어오면 안경을 벗어 안경알을 닦는다. 왜 그런가?

3. 퉘성결수가 서로 다른 두 용수철을 병렬련결하였을 때 용수철 전체의 퉘성결수는 얼마인가?(그림을 그리고 구하여라.)
4. 낮에 물속에서 하늘을 쳐다보면 하늘이 동그랗게 보이는것은 무엇때문인가를 설명하여라.
5. 무궤도전차의 두 공중선은 서로 어떻게 작용하는가를 설명하여라.
6. 각을 지은 두 힘의 합성을 알아보기실험의 실험순서와 방법을 써보아라.
7. AB사이에 1V의 전압을 걸었다. 매 저항체들의 저항이 다같이 4Ω일 때 매 저항체들에 걸리는 전압과 흐르는 전류의 세기를 구하여라.

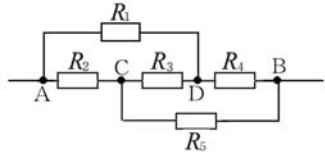



그림 23

8. 200m높이에서 수평비행하던 군용비행기가 적들의 함선을 격파하기 위하여 수평면과 30° 의 각으로 급상승하였다. 급상승하는 비행기의 속도가 144km/h였다면 급상승하기 시작하여 5s 형 투하한 폭탄은 투하한 위치로부터 얼마만한 수평거리에 있는 적함선을 박살냈겠는가?(계산상편리를 위하여 $g=10\text{m/s}^2$ 으로 한다.)

2안

1. 다음의 개념을 정의하여라.

① 중력의 자리에네르기 ② 취성 ③ 미끄럼마찰력 ④ 등적법칙 ⑤ 호상유도

2. 다음 물음에 간단히 대답하여라.

① 한발로 서있거나 줄우에 서있기가 매우 불편하다. 왜 그런가?
② TV안테나와 라지오방송안테나는 어느것을 더 높이 세우는가? 왜 그런가?
③ 고동이 우릴기 시작할 때와 끝날 때에 소리높이가 어떻게 되는가. 왜 그런가?
④ 창문유리를 지나는 흰빛이 어려 성분으로 갈라지는가. 왜 그런가?
⑤ 100℃의 물에 의한 화상보다 같은 온도의 수증기에 의한 화상이 더 심하다. 왜 그런가?

3. 튐성결수가 서로 다른 두 용수철을 직렬련결하였을 때 용수철 전체의 튐성결수는 얼마인가?(그림을 그리고 구하여라.)

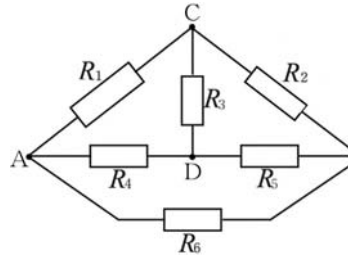
4. 속이 빈 시험관을 물속에 비탈지게 넣고 우에서 보면 시험관안벽이 마치 은도금한것처럼 보이는것은 무엇때문인가를 설명하여라.

5. 라선형용수철로 전류를 흘러보내면 어떤 현상이 일어나겠는가를 설명하여라.

6. 흔들이에 의한 중력가속도측정실험의 실험순서와 방법을 써보아라.

7. AB사이에 1V의 전압을 걸었다. 매 저항체들의 저항이 다같이 2Ω일 때 매 저항체들에 걸리는 전압과 흐르는 전류의 세기를 구하여라.

그림 24

8. 440m높이에서 수평비행하던 군용비행기가 적들의 진지를 격파하기 위하여 드림선과 60° 의 각으로 급강하하기 시작하여 5s 후에 폭탄을 투하하였다. 급강하하는 비행기의 속도가 280km/h일 때 급강하하기 시작한 위치로부터 얼마만한 수평거리에 있는 적진지를 박살냈겠는가?(계산상 편리를 위하여 $g=10\text{m/s}^2$ 으로 한다.)

풀이와 답

2001년

1. 풀이. 주어진것: T=27d 7h, $R=6370\text{km}$, $g=9.8\text{m/s}^2$

구하는것: $\gamma=?$

지구에서 물체의 무게는 $mg=G\frac{Mm}{R^2}$ 이므로 $gR^2=GM$

지구와 달사이의 만유인력이 향심력이므로

$$G\frac{MM_0}{r^2}=M_0r\omega^2=M_0r\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \quad \frac{GM}{r^2}=r\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$\frac{gR^2}{r^3}=\frac{4\pi^2}{T^2}$ 으로부터

$$r=\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}}=\sqrt[3]{\frac{9.8\times(6\,370\times10^3)^2\times(27\times24+7)^2\times3\,600^2}{4\cdot3.14^2}}$$

$$\approx3.8\times10^5(\text{km})$$

답. $3.8\times10^5(\text{km})$

2. 풀이. 주어진것: $\tan\alpha=\frac{0.25}{5}=0.05$, $v_1=5\text{m/s}$, $v_2=15\text{m/s}$

구하는것: $v=?$

자동차가 언덕길을 오를 때 내는 힘

$$F_1=\mu mg\cos\alpha+mg\sin\alpha$$

자동차가 언덕일을 내릴 때 내는 힘

$$F_2=\mu mg\cos\alpha-mg\sin\alpha$$

오를 때와 내릴 때의 일능률이 같으므로

$$(\mu mg\cos\alpha+mg\sin\alpha)+v_1=(\mu mg\cos\alpha-mg\sin\alpha)\cdot v_2$$

$$\mu=\frac{v_2+v_1}{v_2-v_1}\tan\alpha$$

수평길에서 일능률은 같으므로

$$\mu mgv=F_1v_1$$

$$\frac{v_2+v_1}{v_2-v_1}\tan\alpha\cdot mg\cdot v=\left(\frac{v_2+v_1}{v_2-v_1}mg\sin\alpha+mg\sin\alpha\right)v_1$$

로부터

$$v=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}\cos\alpha$$

한편 $\tan\alpha=0.05$ 로부터 $\cos\alpha\approx1$ 이므로

$$v=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}=\frac{2\cdot5\cdot15}{5+15}=7.5(\mathrm{m/s})$$

답. 7.5m/s

3. 풀이. 주어진것: $h_1=2.2\mathrm{m}$, $v_0=15\mathrm{m/s}$ $h_2=3.5\mathrm{m}$

구하는것: $v_1=?$, $v_2=?$

력학적에네르기보존의 법칙

$$\frac{mv_0^2}{2}=\frac{mv_1^2}{2}+mgh_2$$

로부터

$$v_1=\sqrt{v_0^2-2gh_2}=\sqrt{15^2-2\cdot9.8\cdot3.5}=12.5(\mathrm{m/s})$$

한편 $\frac{mv_0^2}{2}+mgh_1=\frac{mv_2^2}{2}$ 로부터

$$v_2=\sqrt{v_0^2+2gh_1}=\sqrt{15^2+2\cdot9.8\cdot22}=16.4(\mathrm{m/s})$$

답. 12.5m/s, 16.4m/s

4. 풀이. 주어진것: $U=380\mathrm{V}$, $I=10\mathrm{A}$, $t=50\mathrm{s}$,

$m=1\mathrm{t}=1000\mathrm{kg}$, $h=19\mathrm{m}$

구하는것: $\eta=?$

전동기가 하는 일 $A=IUt$ 가운데서 자리에네르기로 전환된 부분은 $A_2=mgh$ 이므로

$$\eta=\frac{mgh}{IUt}=\frac{10^3\times9.8\times1.9}{10\times380\times50}=0.98=98(\%)$$

답. 98%

5. 풀이. 주어진것: $S=50\mathrm{cm}^2=50\times10^{-4}\mathrm{m}^2$, $N=500$

$\Delta t=0.1\mathrm{s}$, $B_1=10^{-3}\mathrm{T}$, $B_2=4\cdot10^{-3}\mathrm{T}$

구하는것: $\mathscr{E}=?$

전자기유도법칙 $\mathscr{E}=\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 에서 $\Delta\phi=N(\phi_2-\phi_1)=N\cdot S(B_2-B_1)$

따라서 $\mathscr{E}=NS\frac{B_2-B_1}{\Delta t}=500\times50\times10^{-4}\times\frac{4\times10^{-3}-10^{-3}}{0.1}=$

$$=7.5\times10^{-2}(\mathrm{V})$$

답. $7.5\times10^{-2}(\mathrm{v})$

6. **풀이.** 주어진것: $U=10\mathrm{v}$, $I_{직}=10\mathrm{mA}=10^{-4}\mathrm{A}\ \nu=60\mathrm{Hz}$

$\mathscr{E}=10\mathrm{V}$, $I_{교}=5\mathrm{mA}=5\times10^{-3}\mathrm{A}$

구하는것: $L=?$

교류회로에서 옴의 법칙

$$I_{교}=\frac{\mathscr{E}}{z}=\frac{\mathscr{E}}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}=\frac{\mathscr{E}}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_{직}}\right)^2+(2\pi\nu L)^2}}$$

이로부터 $$I_{교}{}^2\left(\frac{U^2}{I_{직}{}^2}+4\pi^2\nu^2L^2\right)=\varepsilon^2$$

여기에서

$$L=\frac{\sqrt{\mathscr{E}^2-\frac{U^2}{I_{직}{}^2}\cdot I_{교}^2}}{2\pi\nu I_{교}}=\frac{\sqrt{10^2-\left(\frac{10}{10^{-4}}\times5\times10^{-3}\right)^2}}{2\times3.14\times60\times5\times10^{-3}}=4.6(\mathrm{H})$$

답. 4.6H

7. **풀이.** 주어진것: $b=30\mathrm{cm}$, $\ell=20\mathrm{cm}$, $\Delta b=30\mathrm{cm}$

구하는것: $f=?$

오목렌즈에 대하여

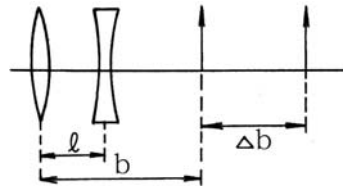
$$a'=b-\ell$$
$$b'=b-\ell+\Delta b$$

오목렌즈의 공식

$$\frac{1}{a'}+\frac{1}{-b'}=\frac{1}{-f}$$

그림 25

으로부터

$$f=\frac{-a'b'}{-b'-a'}=\frac{-(b-\ell)(b-\ell+\Delta b)}{\Delta b}=$$

$$=\frac{-(30-20)(30-20+30)}{30}\approx-1.33(\text{cm})$$

답. 약 -1.33cm

8. 제15장 제2절 《2. 길이의 수축》을 찾아보아라.

9. 제14장 제4절 5. 렌트겐선 《2 특성렌트겐선》을 찾아보아라.

10. 반도체의 저항이 온도에 따라 변하는 성질을 써서 만든 전자 요소를 반도체열저항이라고 부른다. 반도체의 저항이 온도가 높아지면 작아지는것은 온도를 높일 때 반도체속에서 전기나르개가 많이 생기기때문이다. 반도체열저항은 온도를 재는데 쓴다. 이 열저항온도계는 예민하므로 금속저항온도계보다 감도가 높다. 또한 적외선의 검출과 온도자동조절에 쓴다.

2002년

1안

1. 제11장. 제3절.《2. 수평으로 던진 물체의 운동》을 참고하여라.

2. ① 물체들이 호상작용할 때 매 물체의 운동량은 변할수 있어도 운동량의 합은 늘 일정하다.

② 면의 비침도는 광원으로부터 면까지의 거리의 2제곱에 거꿀비례하고 빛세기와 입사각의 시누스에 비례한다.

③ 여러개의 전기량이 어떤 점에 만드는 전기마당의 세기는 매 전기량들이 개별적으로 있을 때 그것들이 그 점에 만드는 전기마당의 세기들의 벡토르합과 같다.

④ 운동량보존의 법칙에 의하여 로케트에서 가스가 분출될 때 그의 반작용에 의하여 가스의 운동량과 크기는 같고 방향이 반대인 운동량을 가지고 동체는 앞으로 나가게 된다.

3. ① 물체를 들어올릴 때에는 종력, 운동장에서 끌고갈 때에는 마찰력을 극복해야 하는데 마른 땅에서 물체를 끈다면 $\mu<1$ 즉 $mg>\mu mg$ 이므로 들어올릴 때에 더 많은 일을 하게 된다.

② 발전기와 전동기는 다같이 전기기계이며 구조와 모양이 비슷하다. 발전기는 력학적에네르기를 전기적에네르기로 바꾸지만 전동기는 전기적에네르기를 소비하여 력학적일을 한다.

③ 유전체의 분극과 정전기유도는 유전체나 도체에서 전기마당과 반대로 걸면에 전기량이 나타난다는 의미에서는 비슷하다. 그러나 유전체에서의 분극은 전기쌍극자가 마당방향과 반대로 정돈되는 과정이지만 정전기유도는 도체에서 자유전자들의 이동과 관련된다. 또한 분극된 유전체속에서 전기마당의 세기가 령이 아니지만 정전기유도된 도체속에서 전기마당의 세기는 령이다.

④ 선륜의 유도저항 $X_L = \omega L = 2\pi\nu L$ 는 주파수가 ν 인 교류가 흐를 때 자체유도현상에 의하여 전류의 흐름을 방해한다는 의미를 가지는데 주파수가 클수록 커진다.

4. 풀이. ① 주어진것: $v_0 = 72$km/h=20m/s, $a = 2$m/s^2, $t = 10$s

구하는것: $v = ?$

$$v = v_0 + at = 20+2 \cdot 10 = 40(\text{m/s})$$

② 주어진것: $C_1 = 0.2\,\mu$FμF, $U_1 = 100$v

$C_2 = 0.05\ \ \mu$F, $U_2 = 50$V

구하는것: $U = ?$

두 축전기를 병렬로 련결했을 때의 전압을 U 라고 한다면

$$CU = C_1U_1 + C_2U_2$$

$$U = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C} = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2} = \frac{0.2 \cdot 100 \cdot 0.05 \cdot 50}{0.2 + 0.05} = 90(\text{V})$$

답. 90V

③ 주어진것: $\Delta P = 2 \times 10^5$Pa, $\rho_0 = 1.3$kg/m^3, $P_0 = 10^5$Pa

구하는것: $\rho = ?$

리상기체상태방정식 $PV = \frac{m}{\mu}RT$ 으로부터

$$P = \frac{m}{V}\frac{RT}{\mu} = \rho\frac{RT}{\mu} \qquad (1)$$

$$P_0 = \rho_0\frac{RT}{\mu} \qquad (2)$$

식 1을 식 2로 나누면

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$\rho = \frac{P}{P_0} \cdot \rho_0 = \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \rho_0 = (1 + \frac{\Delta P}{P_0}) \rho_0 =$$

$$= (1 + \frac{2 \times 10^5}{10^5}) \times 1.3 = 3.9 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

답. 3.9kg/m³

5. 풀이. 주어진것: $C = 0.15\mu\text{F} = 0.15 \times 10^{-6}\text{F}$

$L = 50\text{mH} = 50 \times 10^{-3}\text{H}$, $U = 5\text{V}$

$\nu_1 = 1\text{kHz} = 10^3\text{Hz}$, $\nu_2 = 1\text{MHz} = 10^6\text{Hz}$

구하는것: $I_{C1} = ?$, $I_{C2} = ?$, $I_{L1} = ?$, $I_{L2} = ?$, $I_1 = ?$, $I_2 = ?$

축전기에 흐르는 전류의 세기

$$I_{C1} = \frac{U}{X_{C1}} = 2\pi \nu_1 CU = 2 \times 3.14 \times 10^3 \times 0.15 \times 10^{-6} \times 5 =$$

$$= 4.7 \cdot 10^{-3} \text{(A)}$$

$$I_{C2} = \frac{U}{X_{C2}} = 2\pi \nu_2 CU = 2 \times 3.14 \times 10^6 \times 0.15 \times 10^{-6} \times 5 =$$

$$= 4.7 \text{(A)}$$

선륜에 흐르는 전류의 세기

$$I_{L1} = \frac{U}{X_{L1}} = \frac{U}{2\pi \nu_1 L} = \frac{5}{2 \times 3.14 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-3}} = 1.6 \times 10^{-2} \text{(A)}$$

$$I_{L2} = \frac{U}{X_{L2}} = \frac{U}{2\pi \nu_2 L} = \frac{5}{2 \times 3.14 \times 10^6 \times 50 \times 10^{-3}} = 1.6 \times 10^{-5} \text{(A)}$$

전체 전류의 세기

$$I_1 = I_{C1} + I_{L1} = 4.7 \times 10^{-3} + 1.6 \times 10^{-2} = 2.07 \times 10^{-2} \text{(A)}$$

$$I_2 = I_{C2} + I_{L2} = 4.7 + 1.6 \times 10^{-5} \approx 4.7 \text{(A)}$$

답. 4.7×10^{-3}A, 4.7A, 1.6×10^{-2}A,
1.6×10^{-5}A, 2.07×10^{-2}A, 4.7A

2안

1. 제11장. 제3절. 《3. 각을 지어 던진 물체의 운동》을 찾아보아라.

2. ① 물체에 힘모멘트가 작용하지 않거나 힘모멘트들의 합이 령이면 물체의 각운동량은 일정하게 보존된다.

② 입사각의 시누스를 굴절각의 시누스로 나눈 값은 일정하다.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$$

굴절빛선은 입사빛선과 경계점에 세운 드림선이 이루는 면에 놓인다.

③ 파동이 겹치는 곳에서 매개 립자들의 변위는 매개 파동이 제각기 일으키는 변위들의 벡토르합과 같다.

④ 비행기날개 웃면의 길이가 아래면보다 길어서 웃면을 지나는 공기의 속도가 아래면보다 커진다. 이와 함께 날개의 웃부분뒤에 시계바늘과 반대로 돌아가는 회리모양의 흐름이 생겨 속도가 커진다. 이때 베르누이방정식에 의하여 웃면의 압력이 아래면보다 작아지므로 날개에 양력이 작용하여 비행기는 뜨게 된다.

3. ① 배의 벽을 미는 힘은 내력이고 노를 젓는 힘은 외력이기때문이다. 내력에 의하여 배는 움직일수 없다.

② 물체가 멎어있거나 등속직선운동할 때에는 중력과 무게 크기와 방향이 같고 작용점만 다르다. 중력의 작용점은 물체에 있지만 무게의 작용점은 그것을 매단 곳 또는 받치고 있는 곳에 있다. 물체가 가속운동할 때에는 무게가 중력보다 커지거나 작아진다.

③ 유전체나 강유전체는 다같이 전긷마당속에서 전기적성질을 나타낸다는 점에서는 서로 같으나 유전률의 크기가 강유전체에서 비할바없이 작다.

유전체는 전기마당속에서 쌍그가들의 전동에 의하여 분극이 일어나지만 강유전체에서는 자발분극구역이 있어서 그것이 정돈되는것과 관련되여있다.

④ 축전기의 용량저항 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$ 은 주파수가 ν 인 교류가 흐를 때 축전기가 전류의 흐름을 방해한다는 의미를 가지는데 주파수가 클수록 작아진다.

4. **풀이.** ① 주어진것: $m = 10\text{g} = 0.01\text{kg}$, $v = 800\text{m/s}$

구하는것: $K = ?$

$$K = \frac{mv}{2} = \frac{0.01 \cdot 800^2}{2} = 3\,200(\text{J})$$

답. 3 200J

② 주어진것: $U_1 = 500\text{V}$, $U_2 = 1500\text{V}$

$C_1 = 1\mu\text{F}, \quad C_0 = 2\mu\text{F}$

구하는것: $n_{직} = ?, \quad n_{병} = ?$

요구하는 절연내압을 보장하려면 $U_2 = n_{직} U_1$ 로부터

$$n_{직} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1500}{500} = 3$$

즉 $C_1 = 1\mu\text{F}$, $U_1 = 500\text{V}$인 축전기를 3개 직렬련결하면 된다. 이때의 축전기용량 C_2 은 $C_2 = \frac{C_1}{3}$ 이므로 전체 용량 C_0이 보장되려면 $C_0 = n_{병}$, C_2 로부터

$$n_{병} = \frac{C_0}{C_2} = \frac{3C_0}{C_1} = \frac{3 \cdot 2}{1} = 6$$

를 병렬련결하면 된다.

답. $C_1 = 1\mu\text{F}$인 축전기 3개 직렬련결한것을 6개 병렬련결하면 된다.

③ 주어진것: $V_1 = 0.02\text{m}^3, \quad P_1 = 400\text{kPa}$

$P_2 = 100\text{kPa}, \quad V_2 = 0.06\text{m}^3$

구하는것: $p = ?$

리상기체상태방정식으로부터

$$P_1 V_1 = \nu_1 RT, \quad P_2 V_2 = \nu_2 RT$$

서로 련결하였을 때 분압을 각각 P_1', P_2' 라고 한다면

$$P_1'(V_1 + V_2) = \nu_1 RT, \quad P_2'(V_1 + V_2) = \nu_2 RT$$

이므로

$$P = P_1' + P_2' = \frac{\nu_1 RT + \nu_2 RT}{V_1 + V_2} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2} =$$

$$= \frac{400 \cdot 0.02 + 100 \cdot 0.06}{0.02 \cdot 0.06} = 175(\text{kPa})$$

답. 175kPa

5. 풀이. 주어진것: $R = 2\Omega, \quad L = \frac{1}{u}\text{H}, \quad C = \frac{1}{u}\mu\text{F}, \quad U = 1\text{v}$

구하는것: $\nu = ?, \quad I = ?, \quad U_L = ?, \quad U_C = ?$

공진이 일어날 때 $\omega L = \frac{1}{c\omega}$ 이고 $\omega = 2\pi\nu$ 이므로

$$\nu=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{1}{\pi}\cdot\frac{10^{-6}}{\pi}}}=\frac{1}{2\times10^{-3}}=500(\text{Hz})$$

$$I=\frac{U}{R}=\frac{1}{2}=0.5(\text{A})$$

한편 $X_L=X_C$ 이므로

$$U_L=U_C=I\cdot X_L=I\cdot 2\pi\cdot\nu\cdot L=0.5\times2\times\pi\times500\times\frac{1}{\pi}=500(\text{V})$$

답. 500Hz, 0.5A, 500V, 500V

2003년

1. 제10장. 제4절《3. 자기마당의 에네르기》를 찾아보아라.

2. 제14장 제2절 2. 렌즈와 그 리용《2 렌즈의 공식》찾아보아라.

3. **풀이.** ① 달리는 수평방향의 속도와 뛰여오르는 드림선방향의 속도의 합성속도는 이 두 속도보다 크다. 이 큰 속도로 하여 줄을 넘는 포물선운동을 하게 된다.

② 두 구를 댔다가 떼면 전기량이 꼭같이 나누어진다. 그것은 전기량이 구의 겉면에만 분포되므로 직경이 꼭같은 두 구는 속상태에 무관계하게 같은 전기량을 띠기때문이다.

③ 외부빛전기현상과 내부빛전기현상은 다 같이 빛전기효과로서 빛량자의 작용에 의하여 원자안의 전자가 떨어져나온다는 점에서는 같다. 그러나 외부빛전기현상은 금속안의 전자를 금속밖으로 떼낸다면 내부빛전기현상은 원자에 속박된 전자를 원자에서 떼여내여 전도전자로 전환시킬뿐 물질(반도체)속에 그냥 남아있다.

4. **풀이.** 주어진것: $V_1=1200\text{m}^3$, $t_1=13℃$, $t_2=20℃$

구하는것: $V_2-V_1=?$

온도가 각각 t_1, t_2 일 때 방안의 공기의 체적을 V_1, V_2 이라고 하면

$$V_1=V_0(1+\alpha t_1) \qquad (1)$$

$$V_2 = V_0(1+\alpha\, t_2) \qquad (2)$$

식 1에서 V_0을 구하여 식 2에 넣으면 $V_2 = \frac{V_1}{1+\alpha\, t_1}(1+\alpha\, t_2)$

밖으로 나간 공기의 체적은

$$V_2 - V_1 = V_1 \frac{1+\alpha\, t_2}{1+\alpha\, t_1} - V_1 = V_1 \frac{\alpha(t_2 - t_1)}{1+\alpha\, t_1} =$$

$$= 1200 \cdot \frac{\frac{20-13}{273}}{1+\frac{13}{273}} = 29.38(\text{m}^3)$$

답. 29.38m^3

5. 풀이. 주어진것: $\rho = 8900\text{kg/m}^3$, $M_{cu} = 63.5\times10^3\text{kg/㏖}$

$n = 0.8$. $V = 1\text{cm}^3 = 10^{-6}\text{m}^3$

구하는것: $N = ?$

동 1cm^3속에 존재하는 원자수를 구하면 떨어져나오는 자유전자수 N을 구할수 있다. 즉

$$N = \frac{PV}{M_{cu}} \cdot N_A \cdot n = \frac{8900\times10^{-6}}{63.5\times10^{-3}} \times 6.023\times10^{23} \times 0.8 = 6.75\times10^{22}$$

답. 6.75×10^{22}개

6. 풀이. 주어진것: $\alpha = 30°$, $m = 1.5\text{kg}$, $F = 50\text{N}$

$t = 0.15\text{s}$, $\mu = 0.1$

구하는것: $h = ?$

① 힘 F를 받으면서 이동한 거리 S_1는

$$a_1 = \frac{F - F_{//} - F_{마}}{m} = \frac{F}{m} - g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha =$$

$$= \frac{50}{1.5} - 9.8\left(\frac{1}{2} + 0.1\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right) =$$

$$\approx 27.58(\text{m/s}^2)$$

이므로

$$S_1 = \frac{1}{2}a_1 t^2 = \frac{1}{2}\times27.58\times(0.15)^2 =$$

$$\approx 0.31(\text{m})$$

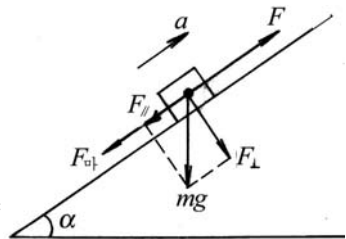



그림 26

② 힘을 받지 않고 이동한 거리 S_2는

$$v_0 = a_1 t = 27.58\times0.15 \approx 4.14(\text{m/s})$$

이고

$$a_2 = \frac{F_{//} + F_{마}}{m} = \frac{1.5\times 9.8\left(\frac{1}{2}+0.1\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{1.5} \approx 5.75\,(\mathrm{m/s^2})$$

이므로

$v_0{}^2 = 2a_2 S_2$ 로부터

$$S_2 = \frac{v_0{}^2}{2a_2} = \frac{(4.14)^2}{2\times 5.75} \approx 1.49(\mathrm{m})$$

따라서 전체 이동한 거리는

$$S = S_1 + S_2 = 0.31 + 1.49 \approx 1.8(\mathrm{m})$$

이때 올라간 높이는

$$h = S\sin\alpha = 1.8\times\frac{1}{2} = 0.9(\mathrm{m})$$

답. 0.9m

7. 풀이. 주어진것: $r = 1\mathrm{k\Omega} = 1000\,\Omega$, $U_0 = 150\mathrm{V}$, $U = 1\ 000\mathrm{V}$

구하는것: $R = ?$

전압계에 흐르는 최대전류의 세기는 $I = U_0 / r$ 이므로 한계 전압보다 큰 전압을 재기 위하여서는 저항 R 를 전압계에 곧추 이어야 한다.

$$U = I(r+R) = \frac{U_0}{r}(r+R)$$

여기로부터 저항 R 를 구할수 있다.

$$R = \frac{U}{U_0}r - r = r\left(\frac{U}{U_0} - 1\right) = 10^3\left(\frac{10^3}{150} - 1\right) \approx 5666.7\ \ (\Omega,)$$

답. 5.67kΩ

8. 풀이. 주어진것: $\mathscr{E} = 40\mathrm{V}$, $r = 0.04\,\Omega$, $S = 170\mathrm{mm}^2 = 170\times 10^{-6}\mathrm{m}^2$

$\rho = 1.7\times 10^{-8}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$, $\ell = 50\mathrm{m}$, $I = 200\mathrm{A}$

구하는것: $U_{전} = ?$, $U_{부} = ?$, $P = ?$

전원의 단자전압

$$U_{전} = \varepsilon - Ir = 40 - 200\times 0.04 = 32(\mathrm{V})$$

용접기의 단자전압

$$U_{부} = U_{전} - IR = U_{전} - I(\rho\frac{2\ell}{S}) =$$

$$= 32 - 200 \times \frac{1.7\times10^{-8}\times100}{170\times10^{-6}} = 32 - 2 = 30(\mathrm{V})$$

용접기의 소비전력

$$P = U_{부}I = 30 \times 200 = 6000(\mathrm{W}) = 6(\mathrm{kW})$$

답. 32V, 30V, 6kW

2004년

1. 제13장 제2절 2. 파동의 중첩, 정상파를 찾아보아라.

2. **풀이**. ① 제2장 제5절 《2. 운동량보존의 법칙》을 찾아보아라.

② 일반적으로 발전기는 전자기유도법칙을 리용한 전기기계이다. 즉 자기마당속에서 닫긴 선륜이 돌아갈 때 선륜에 유도전류가 생기는 현상을 리용하였다.

직류발전기에서는 교류발전기와는 달리 선륜끝에 반원둘레모양의 두개의 금속판이 붙어있으므로 유도전류가 한 방향으로만 흐르게 되여있다.

③ 제14장 제1절 《3. 빛의 굴절》을 찾아보아라.

④ 현미경은 대안렌즈와 대물렌즈로 이루어졌다. 보려고 하는 작은 물체를 대물렌즈의 초점보다 약간 먼 거리에 놓으면 확대된 실영상을 얻는다. 이 거꾸로 선 실영상을 대안렌즈의 초점보다 약간 안쪽에 놓으면 잘보임거리에 확대된 허영상이 생긴다. 이처럼 현미경에서는 작은 물체를 대물렌즈와 대안렌즈에 의해 두번 확대하여 본다.

3. **풀이** ① 물체는 드림선우로 등감속운동을 하므로

$$v_0^2 - v^2 = 2gh$$

조건으로부터 $v = \frac{1}{2}v_0$이므로 $v_0^2 - \frac{1}{4}v_0^2 = 2gh$

$$\therefore\ h = \frac{3v_0^2}{8g}$$

② 2002년 1안 3번 ③을 찾아보아라.

③ 2002년 1안 3번 ④을 찾아보아라.

④ 액체속에 있는 공기방울속의 포화증기압이 바깥압력과 같으면 끓는다. 그러므로 바깥압력이 키저면 포화증기압도 커져야 끓는다. 포화증기압이 키지려면 액체의 온도가 높아야 하므로 끓음점도 높아진다.

⑤ 전기저항은 전기량들의 질서있는 이동에 대한 방해작용이다. 온도가 높아지면 금속의 살창마디에 있는 양이온들의 열진동이 더 활발해지므로 자유전자들이 양이온들과 더 많이 충돌하게 되며 따라서 저항이 커진다. 그러나 반도체는 열이나 빛작용에 의해 저항이나 전도전자와 같은 전기나르개들이 더 많이 생기는 특성을 가지고있으므로 전류가 더 잘 흐르게 된다. 즉 저항이 작아진다.

4. 풀이. ① 주어진것: $m_1=2\text{t}$, $m_2=1\text{t}$, $m_3=0.5\text{t}$

$v_1=8\text{km/s}$, $v_2=2\text{km/s}$, $t=100\text{s}$

구하는것: v_3, $a=?$

운동량보존의 법칙에 의하면 2계단이 분리되기전과 후의 운동량이 같아야 한다. 즉

$$(m_2+m_3)v_2=m_3v_3$$

이로부터 $v_3=\dfrac{m_2+m_3}{m_3}v_2=\dfrac{1000+500}{500}\cdot 2=6(\text{km/s})$

한편 2계단이 분리된후 3계단은 제1우주속도에 도달하기 위해 등가속운동을 하였다고 보면 $v_1=v_3+at$

$$a=\frac{v_1-v_3}{t}=\frac{8-6}{100}=0.02(\text{km/s}^2)=20(\text{m/s}^2)$$

답. 6km/s, 20m/s^2

② 주어진것: $r_1=45\text{cm}=0.45\text{m}$, $r_2=60\text{cm}=0.6\text{m}$

$\lambda=30\text{cm}=0.3\text{m}$

구하는것: $A=?$

점 A까지의 경로차를 보면

$$\Delta r=r_2-r_1=0.6-0.45=0.15(\text{m})$$

파장과 경로차의 비를 보면 $\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda}=\dfrac{0.15}{0.3}=\dfrac{1}{2}$ 이므로 간섭에서 극소조건 $\Delta r=r_2-r_1=(2m+1)\dfrac{\lambda}{2}$ 에 해당된다.

점 A에서 진폭은 0이다.

③ 주어진것: $U=200\text{V}$, $I=0.4\text{A}$, $\nu=60\text{Hz}$

구하는것: $L=?$

$$I=\frac{U}{X_L}=\frac{U}{2\pi\nu L}$$

$$l=\frac{U}{2\pi\nu I}=\frac{200}{2\times3.14\times60\times0.4}\approx1.3(\text{H})$$

답. 약 1.3H

5. 풀이. 주어진것: $R=3\Omega$, $P=50\text{w}$, $\ell=10\text{m}$

$$Q_0=\frac{5}{100}P_0,\quad \rho_{\text{동}}=1.7\times10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$$

구하는것: $R_0=?$, $S=?$

① 증폭기의 출력 P_0은 고성기출력 P와 전기줄에서의 쥴열에 의한 전력 Q_0의 합과 같다.

$$P_0=Q_0+P$$

조건에 의해 $P_0=\frac{5}{100}P_0+P \quad\rightarrow\quad P_0=\frac{20}{19}P$

그러므로 $Q_0=\frac{5}{100}P_0=\frac{1}{19}P$

한편 $Q_0=I^2R_0$ 여기서 $P=I^2R$임을 고려하면

$$Q_0=\frac{1}{19}P=I^2R_0=\frac{P}{R}R_0$$

$$R_0=\frac{R}{19}=\frac{3}{19}\approx0.16\ (\Omega)$$

답. 약 0.16Ω

② $R_0=\rho_{\text{동}}\frac{\ell}{S}$ 로부터

$$S=\frac{\rho_{\text{동}}\ell}{R_0}=\frac{1.7\times10^{-8}}{0.16}=10=10^{-6}(\text{m}^2)$$

답. 1mm^2

2005년

1. 풀이. **관성모멘트**: 강체안의 매 부분들의 질량에 팔의 길이의 2제곱을 곱한것들의 합을 강체의 관성모멘트라고 부른다.

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \cdots + m_r r_n{}^2$$

관성모멘트의 단위는 $1\text{kg}\cdot\text{m}^2$이다.

변압비: 1차권선의 전압이 2차권선의 전압보다 몇배나 높은가, 낮은가를 표시하는 값을 변압비라고 부른다.

$$K = \frac{U_1}{U_2}$$

열전대: 열전동력이 온도차에 관계되는 성질을 리용하여 온도를 재는 기구를 열전대라고 부른다.

증발열: 액체가 증발할 때 온도가 내려가면서 밖으로부터 받은 열량이다. 증발열은 증발한 액체의 질량에 비례한다.

$$Q = Lm$$

전기마당의 세기와 단위: 전기마당의 세기는 단위전기량에 작용하는 전기힘과 같다.

$$E = \frac{F}{q_0}$$

전기마당의 세기의 단위는 1N/C이다.

2. 풀이. ① 처음 높이차 $h_2 - h_1 = h$

t 초후의 높이 $h_1' = h_1 - \frac{1}{2}gt^2$

$$h_2' = h_2 - \frac{1}{2}gt^2$$

이때 높이차 $h_2' - h_1' = h_2 - h_1 = h$

답. 높이차는 일정하다.

② 축전기의 전기용량은

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

축전기를 병렬련결하면 그 만큼 축전기의 극판면적이 커지는것으로 되기때문에 전체전기용량은 커진다.

축전기를 직렬련결하면 그만큼 극판사이의 거리가 멀어지는것으로 되므로 전체 전기용량은 작아진다.

③ 2차권선에 유도전동력이 생긴다.

그것은 1차권선에 교류전압이 작용하면 2차권선을 자나는 자력선묶음이 꼭같이 변하기때문이다.

다만 2차권선이 부하로 다가가지 않았으므로 유도전류가 흐르지 않을뿐이다.

이 현상을 전자기유도현상 즉 호상유도현상이다.

④ 가속도는 속도의 크기뿐아니라 방향이 변할 때에도 생긴다.등속원운동에서는 속도방향이 변하므로 가속도가 생긴다.

⑤ 파동이 전파될 때 매질립자들의 진동이 전파방향으로 차례로 전달된다. 즉 매질립자들은 파동의 전파방향으로 자리를 옮기는 운동을 하는것이 아니라 그 자리에서 파원의 진동방향을 따라 진동만 하고 이 진동모양이 차례로 파동의 전파방향으로 전달된다.

3. **풀이.** 관을 따라 비압축성류체가 흐르는 경우르 보자.

흐름이 정상흐름이면 류관의 어떤 두 자름면을 단위시간동안에 지나 흘러가는 류체의 체적은 어디서나 같다.(그림 27)

$$V_1 = V_2$$

면 1과 면 2의 자름면적을 S_1, S_2, 그것을 지날 때의 액체의 속도를 각각 v_1, v_2라고 하자.

단위시간동안에 면 1로 흐르는 액체의 체적은 $V_1 = S_1 v_1$이고 면 2로 흘러나간 액체의 체적은 $V_2 = S_2 v_2$이다. 이것을 웃식에 넣으면

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

관의 자름면적과 그 면을 지나는 액체의 속도를 곱한것은 늘 일정하다. 이것을 **흐름의 련속방정식**이라고 한다.

웃식을 고쳐쓰면

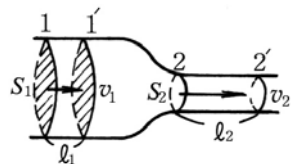



그림 27

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{S_2}{S_1}$$

련속방정식은 관을 지나는 액체의 속도는 자름면적에 거꿀비례한다는것을 보여준다. 즉 액체가 넓은 곳을 지날 때는 속도가 뜨고 좁은 곳을 지날 때는 속도가 빠르게 된다.

4. 풀이. ①과 ②는 틀리고 ③이 옳다.
그것은 도체의 저항이 전압이나 전류에 따라 변하는 량이 아니기때문이다.

5. 풀이. $S-t$ 그라프에 의하면 물체는 처음 3s동안에 1m/s의 속도로 등속직선운동하며 3m의 거리를 이동하였다.
거리그라프가 시간축에 평행이면 이동한 거리가 없으므로 다음 2s동안은 그 자리에 멎어있었다.
그 다음 2s동안에는 2m/s의 속도로 등속직선운동을 하여 모두 7m만큼 이동하였다.
이 운동의 속도그라프는 그림 28과 같다.

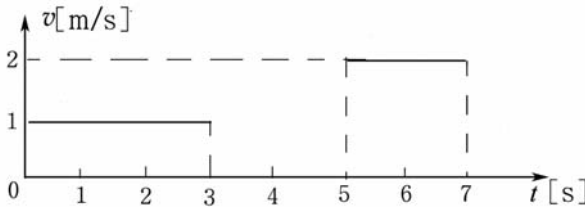



그림 28

6. 풀이. ① 두개 밀차가 수평대를 판이 수평이 되도록 수준기로 조절한다.
② 튀개판을 휘여 실고리를 끼우고 두 밀차를 맞대여 놓는다. 그리고 밀차의 처음자리를 표시한다.
③ 밀차뒤에 밀차가 멎는 자리표시기를 놓고 가위로 끊어 두 밀차가 서로 반발하게 한다. 이때 밀차는 이어놓은 실이 팽팽해질 때까기 서로 밀려나 동시에 멎는다. 밀차가 멎는 자리는 멎는 자리표시기로 알아낸다.
④ 두 밀차가 멎은 자리를 표시하고 같은 시간동안 두 밀차가 옮겨간 거리 x_1, x_2을 잰다.

⑤ 천평으로 두 밀차의 질량을 m_1, m_2을 재고 반발한 다음 두 밀차의 운동량의 비를 구하여 이 비가 1이 되는가를 알아본다.

⑥ 두 밀차의 자리를 바꾸거나 밀차에 추를 더 올려놓고 밀차의 질량을 달리하면서 같은 실험을 되풀이한다.

⑦ 실험결과를 다음 표에 적어넣고 오차를 계산한다

차 례	m_1	m_2	x_1	x_2	$\frac{m_1 x_1}{m_2 x_2}$
1 2 3					

7. 풀이. 주어진것: $a=2\text{m/s}^2$, $t=5\text{s}$, $g=10\text{m/s}^2$

구하는것: $v=?,\ b=?,\ t=?$

① 기구는 5s동안 등가속운동을 하였으므로 이때의 속도와 올라간 높이는

$$v=at,\ h=\frac{1}{2}at^2$$

주어진 값들을 넣으면 $v=10\text{m/s}$, $h=25\text{m}$

② 기구에서 물체를 떨굴 때 물체는 이 높이에서 기구의 속도 v로 우로 던진 물체의 운동을 한다.

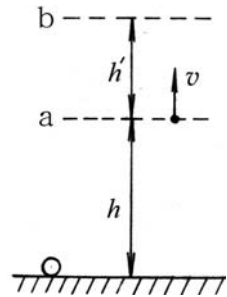
그림 29

그러므로 물체가 땅에 떨어진 시간은 a점에서 b점까지 올라가는데 걸린 시간 t_1과 b점에서 o점까지 자유락하하는데 걸린 시간 t_2의 합과 같다. 즉

$$t'=t_1+t_2 \qquad (1)$$

여기서 t_1는 b점에서 물체의 속도가 0으므로 $0=v-gt_1$로부터

$$t_1=\frac{v}{g} \qquad (2)$$

한편 b점까지 올라간 높이는 $h''=\frac{v^2}{2g}=\frac{10^2}{20}=5(\text{m})$이므로

전체 높이는 $H=h+h'=25+5=30(\text{m})$

그러므로 b점에서 o점까지 떨어지는데 걸린 시간은

$$H=\frac{1}{2}g t_2^2 \to t_2=\sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (3)$$

$$\therefore \ t'=\frac{v}{g}+\sqrt{\frac{2H}{g}}=\frac{10}{10}+\sqrt{\frac{2\times 30}{10}}=1+\sqrt{6}\ (\text{s})\approx 3.45(\text{s})$$

답. 10m/s, 25m, 3.45s

8. **풀이**. 주어진것: $\ell=2\text{cm}=2\times 10^{-2}\text{m}$

$\rho=1.6\times 10^{-19}\text{c}$, $L=20\text{cm}=0.2\text{m}$

$d=1\text{cm}=10^{-2}\text{m}$, $m=9.1\times 10^{-31}\text{kg}$

$v_0=10^7\text{m/s}$, $U=100\text{V}$

구하는것: $y=?$

그림에서 보는것처럼 전자는 평행전극을 지나면서 y_1 만큼 기우러지고 다시 형광판까지 가는 사이에 y_2 만큼 기울어진다. 따라서 전체 기울어진 거리는

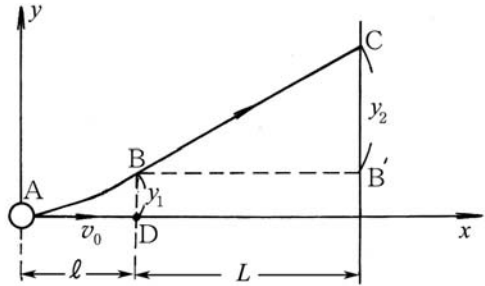



그림 30

$$y=y_1+y_2 \quad (1)$$

여기서

$$y_1=\frac{1}{2a\,t_1^2} \quad (2)$$

이때 $a=\frac{F}{m}=\frac{eE}{m}=\frac{eU}{md}$ 이고 $t_1=\frac{\ell}{v_0}$ (x축방향으로는 등속운동)

이므로 식 2는

$$y_1=\frac{1}{2}a\,t_1^2=\frac{eU\ell^2}{2md\,v_0^2}$$

$$y_2=v_y\,t_2$$

이때 $v_y=at_1$, $t_2=\frac{L}{v_0}$ 이므로 식 3은

$$y_2=v_y\,t_2=at_1t_2=\frac{eUL\ell}{md\,v_0^2}$$

$$\therefore\ y = y_1 + y_2 = \frac{eU\ell(\ell+2L)}{2mdv_0{}^2} =$$

$$= \frac{1.6\times10^{-19}\times100\times2\times10^{-2}\times(2\times10^{-2}+2\times0.2)}{2\times9.1\times10^{-31}\times10^{-2}\times(10^7)^2} \approx$$

$$\approx 7.4\times10^{-2}\ (\mathrm{m})$$

답. 약 7.4cm

2006년

1. ① 실관속으로 액체가 올라가거나 내려가는 현상을 **실관현상**이라고 부른다.

액체의 겉면장력의 드림선방향의 성분과 오르내린 액체기둥이 받는 중력이 평형을 이룰 때까지 적시는 액체는 실관으로 올라가고 적시지 않는 액체는 내려간다.

실관속으로 오르내리는 액체의 높이는 실관내경이 작을수록 액체의 겉면장력이 클수록 커진다.

실관이 좁을수록 적심현상에 의하여 액면이 더욱더 오목해지거나 볼록해지는데 이때 겉면장력의 드림선방향의 성분이 커지믈도 실관현상이 더 잘 일어나게 된다.

이것을 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$h = \frac{2\sigma}{r\rho g}$$

여기서 h는 오르내린 액체기둥의 높이, σ는 겉면장력결수, r는 실관의 반경, ρ는 액체의 밀도, g는 중력가속도이다.

② 무효저항에서는 전기가 랑비된다. 그것은 무효저항은 일을 하지 못하고 전원에서 에네르기를 공급받아 전기마당 및 자기마당이 에네르기로 축적했다가 다시 전원으로 보내기때문이다.

그러므로 이 무효전력은 일을 하지 못하그로 랑비로 된다.

따라서 무효전력을 없애야 한다. 그러자면 무효저항을 0으로 해야 하며 이를 위해서는 유도저항과 용량저항을 같게 해야 한다.

③ 공통점은 다같이 전자기유도현상으로서 닫긴선륜을 지나는 자력선묶음의 변화에 의하여 유도전동력이 생기고 유도전류가 흐른다는것이다.
차이점은 자체유도현상은 회로에 흐르는 전류의 변화로 그 회로자체에 유도전동력이 생기는 현상이라면 호상유도현상은 서로 린접한 한 회로에 흐르는 전류의 변화로 다른 회로에 유도전동력이 생기는 현상이라는것이다.

④ 열전대에서 종류가 서로 다른 두 금속에서의 자유전자수밀도는 다르다. 만일 두 금속을 맞대면 자유전자들이 서로 확산되는데 이때 확산되는 자유전자수도 서로 다르다. 확산결과 자유전자를 넘겨준 금속은 +전기를 띠고 자유전자를 넘겨받은 금속은 –전기를 띠게 되므로 이음점에서 전위차가 생기게 된다. 이음점의 온도를 높이면 확산현상이 더 잘 일어나고 전위차도 더 커지게 된다.
닫긴회로를 구성하고 열전대의 두 이음점의 온도를 다르게 하면 한쪽방향으로의 열전동력이 생겨 전류가 흐르게 된다. 열전동력의 크기가 두 이음점의 온도차에 관계되는 성질을 리용하여 만든 온도를 재는 기구가 바로 열전대이다.

⑤ 물체가 평형자리를 중심으로 일정한 시간간격을 두고 같은 운동이 되풀이되는것이 진동이라면 한곳에 생긴 진동이 매질을 따라 다른 곳으로 전파되는것이 파동이다.
파동이 시작되는곳에는 반드시 진동이 있다.

2. 교류전동기는 교류전력으로 동력을 얻는 전기기계이다.
교류전동기는 고정자와 회전자로 이루어져있다. 고정자와 회전자는 다같이 규소강판으로 된 철심과 철심홈에 들어있는 선륜으로 되여있다.
이제 고정자선륜에 교류가 흐르면 회전자기마당이 형성되는데 전자기유도현상에 의하여 회전자선륜에 생긴 유도전류가 자기힘을 받아 회전자는 회전하게 된다.
교류전동기에는 여러가지 종류가 있는데 그중의 하나인 비동기전동기는 구조가 간단하고 기동하기 쉽고 운영이 간편하므로 인민경제 여러 분야에서 널리 쓰인다.

3. 물체 a는 처음속도가 $v_0=5\text{m/s}$인 등감속운동을 한다. 따라서

$t=0$인 때 $v_0=5\text{m/s}$

$t=5\text{s}$인 때 $v_0=0$

$v=v_0+at$ 로부터 $a=-1\text{m/s}^2$

$S=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 로부터 물체 a의 거리그라프 또는 관계식

$S=5t-\frac{1}{2}t^2$에 의하여 표시되는 포물선모양을 가진다.

그림 31

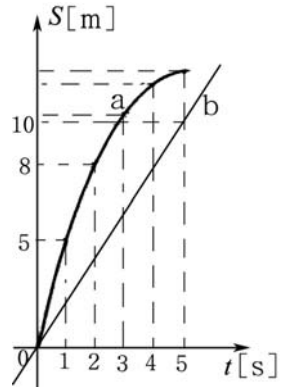
$t=1\text{s}$인 때 $S_1=5\times1-\frac{1}{2}\times1^2=4.5(\text{m})$

$t=2\text{s}$인 때 $S_2=5\times2-\frac{1}{2}\times2^2=8(\text{m})$

$t=3\text{s}$인 때 $S_3=5\times3-\frac{1}{2}\times3^2=10.5(\text{m})$

$t=4\text{s}$인 때 $S_4=5\times4-\frac{1}{2}\times4^2=12(\text{m})$

$t=5\text{s}$인 때 $S_5=5\times5-\frac{1}{2}\times5^2=12.5(\text{m})$

물체 b는 속도 $v=2\text{m/s}$로 등속운동하므로 거리그라프는 관계식 $S=vt$, $t=5\text{s}$인 때 $S=vt=2\times5=10(\text{m/s})$이므로 거리그라프는 점 (0, 0)과 점 (5, 10)을 지나는 직선모양을 가진다.

4. 기구와 재료: 측력계, 마찰판(나무판, 종이, 고무판, 유리판 등), 고리가 달린 나무토막

실험순서와 방법

① 측력계로 나무토막의 무게 $F_{\perp}$를 잰다.

② 수평으로 놓인 나무판우에 나무토막을 놓고 측력계를 고리에 건 다음 천천히 당기면서 나무토막이 움직이기 시작할 때 측력계가 가리키는 눈늠(최대정지마찰력 $F_{최}$)과 나무토목아 등속으로 운동할 때 측력계가 가리키는 눈금(미끄럼마찰력 $F_{미}$)을 읽는다.

③ 나무토막을 세워서 접촉면의 면적을 작게 한 다음 우와 같은 실험방법으로 최대정지마찰력과 미끄럼마찰력을 잰 다음 앞에서 잰 값과 비교한다.

④ 나무토막우에 추를 올려놓아 면을 누르는 힘을 증가시킨 다음 우와 같은 방법으로 최대정지마찰력과 미끄럼마찰력을 재고 앞에서 잰 값과 비교한다.

⑤ 나무판대신 종이, 고무판, 유리판을 바꾸면서 우와 같은 실험을 반복한다.

⑥ 잰 값들을 표에 적어넣고 마찰결수를 계산한다.

번호	접촉한 물체	$F_{\perp}$ (N)	$F_{최}$ (N)	$F_{미}$ (N)	$\mu = \frac{F_{미}}{F_{\perp}}$
1	나무와 나무(눕힐 때)				
2	나무와 나무(세울 때)				
3	나무와 나무(추를 올려놓을 때)				
4	나무와 종이				
5	나무와 고무판				
6	나무와 유리판				
⋮	⋮				

5. 풀이. 주어진것: $L=15m,\quad l=8m,\quad P=400N,\quad P'=500N$

구하는것?

오른쪽받침대를 축으로 하여 나무판의 오른쪽부분의 길이를 l_1 이라고 하면

$$l_1=\frac{L}{2}-\frac{l}{2}=\frac{15}{2}-\frac{8}{2}=3.5(\text{m})$$

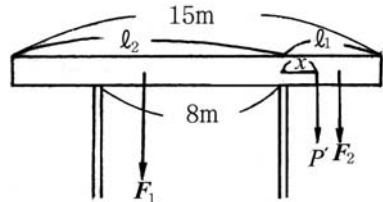
그림 32

나무판의 왼쪽부분의 길이를 l_2이라고 하면

$$l_2=L-l_1=15-3.5=11.5(\text{m})$$

따라서 나무판의 오른쪽부분의 무게는 $\frac{3.5}{15}P$

나무판의 왼쪽부분의 무게는 $\frac{11.5}{15}P$

사람이 오른쪽받침대로부터 x만큼 걸어갔을 때 평형을 이루었다면 이때 다음의 식이 성립한다.

$$\frac{11.5}{15}P\times\frac{l_2}{2}=P'x+\frac{3.5}{15}P\times\frac{l_1}{2}$$

$$\frac{11.5^2\times400}{30}=500x+\frac{3.5^2\times400}{30}$$

$$x=\frac{400(11.5^2-3.5^2)}{30}\times\frac{1}{500}=3.2(\mathrm{m})$$

답. 3.2m

6. 풀이. 주어진것: $q=0.2\times10^{-2}C$, $A=-8J$

구하는것: U_a?

조건으로부터 점 a의 자리에네르기는 −8J 이다.

따라서 점 a의 전위는 정의로부터

$$U_a=\frac{W}{q}=\frac{-8}{0.2\times10^{-2}}=-4000(\mathrm{V})$$

7. 풀이. 주어진것: $v_0=14.7\mathrm{m/s}$, $F_{제}=\frac{1}{4}P=\frac{1}{4}mg$

구하는것: t?, S?

$$F_{제}=\frac{1}{4}mg=ma \quad a=\frac{1}{4}g$$

전차는 감속운동을 하므로

$v_0=at$ 로부터

$$t=\frac{v_0}{a}=\frac{v_0}{\frac{1}{4}g}=\frac{4\times14.7}{9.8}=6(\mathrm{s})$$

$$S=v_0t-\frac{1}{2}at^2=14.7\times6-\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}\times9.8\times6^2=44.1(\mathrm{m})$$

답. 6s, 44.1m

8. 풀이. 주어진것: $m=1.2\times10^3\mathrm{kg}$, $t_1=30s$, $h=15m$,

$U=220V$, $\eta=90\%$, $t_2=60s$

구하는것: $P_{입}$?, $P_{소}$?, Q?

① 전동기가 단위시간동안에 수행한 일은

$$\frac{mgh}{t_1}=\eta P_{입}$$

따라서 입구전력은

$$P_{입} = \frac{mgh}{\eta t_1} = \frac{1.2\times10^3\times9.8\times15}{0.9\times30} = 6\ 533(\mathrm{W})$$

② 전동기의 소비전력은

$$P_{소} = \frac{mgh}{\eta t_1} = \eta P_{입} = 0.9\times6\ 533 = 5\ 880(\mathrm{W})$$

③ 전동기에서 매 분당 방출하는 열량은

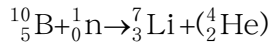
$$Q = (P_{입} - P_{소})t_2 = (6\ 533 - 5\ 880)\times60 = 39\ 180(\mathrm{J})$$

2006년

1안(종합대학입학시험문제)

1. ㄱ이 옳다. 중성자를 ${}^{10}_{5}\mathrm{B}$에 쏘였을 때 핵반응은 질량수, 전하수 보존법칙에 의하여

$${}^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{7}_{3}\mathrm{Li} + ({}^{4}_{2}\mathrm{He})$$

여기서 ${}^{4}_{2}He$은 α립자이다.

2. ㄱ, ㄴ이 옳다. LC진동회로에서 선륜에 형성된 자기마당방향과 축전기에 형성된 전기마당방향이 ㄱ타은 조건에서 그림의 축전기 C의 아래극판은 +, 웃극판은 –의 전기를 띠고있으며 전류는 아래극판으로부터 선륜을 통하여 웃극판으로 흐른다. 따라서 회로에 흐르는 전류의 세기는 커지고 축전기의 전기마당에네르기는 선륜의 자기마당에네르기로 넘어간다.

3. ㄱ이 옳다. 물체를 이루는 분자들의 평균열운동에네르기와 호상작용에네르기의 총합은 물체의 내부에네르기라고 한다. 온도가 높아진다는것은 분자들의 평균열운동에네르기가 커지고 따라서 내부에네르기가 커진다는것을 의미한다.

4. ㄱ이 옳다. 물체가 볼록렌즈를 거쳐 비춤판에 확대된 상을 얻자면 렌즈로부터 물체까지의 거리 a가 $f < a < 2f$ 이여야 한다.
만일 물체로부터 렌즈까지의 거리를 절반으로 줄이면 물체는 초점거리안에 놓이게 되므로 확대된 허상이 생기는데 비춤판에는 상이 생기지 않는다.

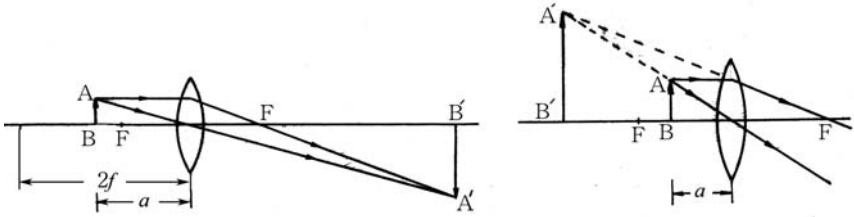



그림 33

5. ㄴ, ㄹ이 옳다. 수평으로 던진 물체의 수평으로 운동한 거리는 $l = v_0 t$ 이다. 그런데 운동시간 t 는 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 으로부터 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이므로 수평운동거리 $l = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$ 는 처음속도와 높이에 관계된다.

한편 물체의 운동속도는 $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ 이므로 시간이 지남에 따라 속도가 커지고 포물선자리길을 그리는 곡선운동으로 된다.

그림 34

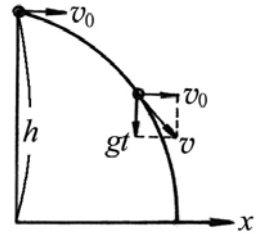
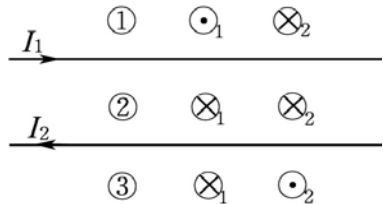
6. ㄷ이 옳다. 물체의 운동량은 질량과 속도를 곱한 벡토르량이다. 따라서 질량이 일정한 조건에서 물체의 운동량이 변하였다면 속도벡토르가 변하는 경우이다.

7. ㄴ과 ㄹ의 첫째 경우가 옳다. 금속에 약한 자외선을 쪼였을 때 얻어진 빛전자의 최대운동에네르기를 E'_K, 빛전류를 I' 라고 하자.

에네르기가 $h\nu$ 인 빛량자를 금속에 쪼이면 일부 에네르기는 방출일에 쓰이고 나머지 에네르기로 빛전자는 운동하게 된다. 즉 $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ 이다. 자외선은 보라빛보다 진동수가 크므로 튀여나온 빛전자의 최대운동에네르기는 $E'_K > E_K$ 로 되며 자외선이 보라색빛보다 약하므로 $I' < I$ 로 된다.

그림 35

8. ㄹ이 옳다. 두 평행도선으로 크기가 같고 방향이 반대인 전류

가 흐를 때 형성된 자기마당의 방향은 오른나사규칙에 의하여 그림에 표시된것과 같다.

② 구역에서는 자기마당방향이 일치하므로 자기마당은 더 커지고 ①, ③구역에서는 자기마당방향이 반대이므로 약화되지만 전류도선까지이 거리가 서로 다르므로 자기마당이 령으로는 되지 않는다.

9. ㄹ이 옳다. 바줄을 따라 파동이 어느 한방향으로 전파될 때 점 A와 B의 진동방향이 같으므로 반파장안에서 점 A, B사이의 중간에 놓여있는 점 C도 점 A와 B의 진동방향과 반드시 같은 방향으로 진동한다. 그러나 한파장안에서 고찰하면 점 C는 점 A와 B의 진동방향과 반대방향으로 진동한다.

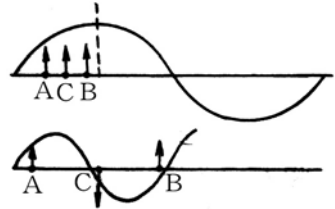



그림 36

10. ㄹ이 옳다. 전기띤 립자가 놓여있는 구역에 고른자기마당을 걸어주어도 아무런 힘이 작용하지 않으므로 정지상태를 유지한다. 즉 로렌쯔힘 $f=qvB\sin\alpha$ 에서 $v=0$ 이므로 $f=0$ 이다.

11. ㄷ이 옳다. 정지마찰력은 누르는 힘의 크기에는 무관계하며 외부힘에만 관계된다. 즉 외부힘이 커질수록 한계값(최대정지마찰력)까지 같이 커진다.

12. ㄱ, ㄹ이 옳다. 진공속에서 빛은 색갈에 무고나계하게 같은 속도로 전파된다. 그러나 빛은 색갈에 따라 파장이 다므르로 같은 매질속이라도 빛의 색갈에 따라 전파속도가 달라진다.

13. 0s-5s구간에서

$$a_1=\frac{v_1-v_2}{t_1}=\frac{1-0}{5}=0.2(\mathrm{m/s^2})$$

$$S_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2=0.5\times0.2\times5^2=2.5(\mathrm{m})$$

$$A_1=F_1S_1=0.8\times2.5=2(\mathrm{J})$$

5s-10s구간에서

$$S_2=v_2t_2=1\times5=5(\mathrm{m})$$

$$A_2=F_2S_2=0.4\times5=2(\mathrm{J})$$

10s-15s구간에서

$$a_3=\frac{v_3-v_2}{t_3}=\frac{1-0}{5}=0.2(\mathrm{m/s^2})$$

$$S_3=v_2t_3+\frac{1}{2}a_3t_3^2=1\times5-0.5\times0.2\times5^2=2.5(\mathrm{m})$$

$$A_3=F_3S_3=0\times2.5=0$$

최대일능률은

$$N=F_1v_2=0.8\times1=0.8(\mathrm{J})$$

14. 풀이. 주어진것: $R=0.2\mathrm{m}$, $m=300\mathrm{g}=0.3\mathrm{kg}$

$n=15\mathrm{min}^{-1}=0.25\mathrm{s}^{-1}$

구하는것: $F_{향}$?

$$F_{향}=m\omega^2R=m(2\pi n)^2R=4\pi^2mn^2R$$

$$=4\times3.14^2\times0.3\times0.25^2\times0.2=0.148(\mathrm{N})$$

답. $4\pi^2mn^2R$, $0.148(\mathrm{N})$

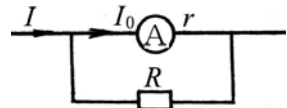
15. 풀이. 주어진것: $I_0=10A$, $r=0.1$, $I=100A$

구하는것: R?

저항 R를 전류계와 병렬로 이으면

그림 37

$$I_0r=(I-I_0)R$$

$$R=\frac{I_0r}{I-I_0}=\frac{10\times0.1}{100-10}=\frac{1}{90}(\Omega)$$

답. $\frac{1}{90}\Omega$, 병렬

16. 풀이. 주어진것: $l_1=2.09m$, $l_2=2.1m$, $l_3=2.11m$

구하는것: $\bar{l}$?, Δl?, δ_l?

$$\bar{l}=\frac{1}{3}(l_1+l_2+l_3)=\frac{1}{3}(2.09+2.1+2.11)=2.1(\mathrm{m})$$

$$\Delta l=\frac{1}{3}\left[\left|l_1-\bar{l}\right|+\left|l_2-\bar{l}\right|+\left|l_3-\bar{l}\right|\right]=$$

$$=\frac{1}{3}\left[\left|2.09-2.1\right|+\left|2.1-2.1\right|+\left|2.11-2.1\right|\right]=0.006\,7(\mathrm{m})$$

$$\delta_l = \frac{\Delta l}{l}\times 100 = \frac{0.006\,7}{2.1}\times 100 = 0.32(\%)$$

답. 2.1m, 0.006 7m, 0.32%

실험방법

17. 가는 막대기의 량끝에 실로 질량이 같은 두개의 금속물체를 각각 달아맨다.

금속물체 한개를 밀도가 ρ_1 인 액체속에 잠그고 받침대를 이동시켜 평형을 이루게 한 다음 길이 l_1, l_2 를 잰다.

금속물체 한개를 밀도가 ρ_2 인 액체속에 잠그고 받침대를 이동시켜 평형을 이루게 한 다음 길이 l_3, l_4 를 잰다.

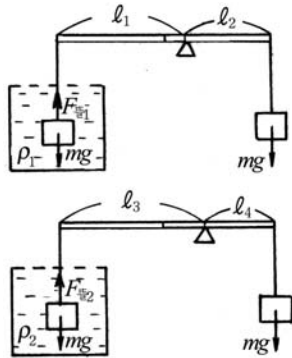



그림 38

지레의 평형조건은

$$(mg - \rho_1 Vg)l_1 = mgl_2$$

$$(mg - \rho_2 Vg)l_3 = mgl_4$$

정리하면 $\rho_1 Vl_1 = m(l_1 - l_2)$, $\rho_2 Vl_3 = m(l_3 - l_4)$

두 액체의 밀도비는

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{l_3(l_1 - l_2)}{l_1(l_3 - l_4)}$$

측정할 량은 l_1 , l_2 , l_3 , l_4 이다.

18. 주어진것은 $h_1 = 1.8$m, $h_2 = 0.45$m이다.

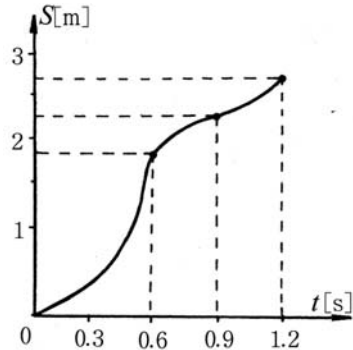
땅에 닿는 시간을 계산하면

$h = \frac{1}{2}gt^2$ 로부터 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

따라서 $t_1 = \sqrt{\frac{2\times 1.8}{9.8}} = 0.6(\text{s})$

그림 39

$$t_2 = \sqrt{\frac{2\times 0.45}{9.8}} = 0.3(\text{s})$$

표를 작성하고 $S-t$ 그라프를 그리면 다음과 같다.

t(s)	0	0.6	0.9	1.2
S(m)	0	1.8	2.25	2.7

19. 풀이. 주어진것: $m = 5g$, $l = 1m$, $h = 0.8m$

$B = 0.5T$, $S = 0.64m$

구하는것: q?

금속막대기가 수평으로 운동한 거리

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \text{ 로부터 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$S = vt = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

떨어지는 순간의 속도는

$$v = \frac{S}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = S\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

금속막대기로 전류 I가 흐를 때 힘을 받아 가속운동하므로

$$IBl\sin 90° = ma$$

$$\frac{q}{t'}Bl = ma$$

금속막대기를 지나는 전기량은

$$q = \frac{mat'}{Bl} = \frac{mv}{Bl} = \frac{mS}{Bl}\sqrt{\frac{g}{2h}} =$$

$$= \frac{5\times10^{-3}\times0.64}{0.5\times1}\sqrt{\frac{9.8}{2\times0.8}} = 1.58\times10^{-2}(\text{C})$$

답. 1.58×10^{-2}(C)

20. 풀이. 주어진것: $l = 30cm = 0.3m$, $h = 10cm = 0.1m,$ $a = \frac{g}{2},$

$P_0 = 0.21MPa = 10^5 Pa$, $\rho = 13.6\times10^3 \text{kg/m}^3$

구하는것: h'?

대기압을 P_0, 관의 자름면적을 S라고 하면 정지상태에서

$$P_0 + \rho gh = P$$

U자형유리관이 가속도 a로 운동하고 이때 오르내린 수은기둥의

높이를 b라고 하면

$$P_0+\rho(g+a)h'=P'$$

$$P_0+\frac{3}{2}\rho g(h-2b)=P'$$

막힌 유리관에서 정지상태와 운동할 때의 기체의 압력은 각각

$$P=\frac{m}{\mu}\cdot\frac{RT}{Sl},\quad P'=\frac{m}{\mu}\cdot\frac{RT}{S(l-b)}$$

그림 40

이것을 웃식들에 넣고 나누면

$$\frac{P_0+\rho gh}{P_0+\frac{3}{2}\rho g(h-2b)}=\frac{l-b}{l}$$

$$\frac{10^5+13.6\times10^3\times9.8\times0.1}{10^5+1.5\times13.6\times10^3\times9.8(0.1-2b)}=\frac{0.3-b}{0.3}\quad\frac{1.13\times10^5}{10^5(1.2-4b)}=\frac{0.3-b}{0.3}$$

$$b^2-0.6b+0.005=0$$

$$b=\frac{0.6\pm\sqrt{0.6^2-4\times0.005}}{2}=\frac{0.6\pm0.58}{2}$$

$b_1=0.59$ (오르내린 수은기둥의 높이가 정지상태에서의 공기기둥의 높이보다 클수 없으므로 버린다.), $b_2=0.01$

두 수은기둥의 높이차는

$$h'=h-2b=0.1-2\times0.01=0.08(\text{m})$$

답. 8cm

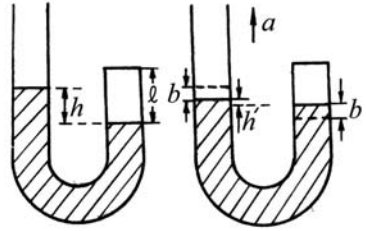
2006년

2안(종합대학입학시험문제)

그림 41

1. ㄴ이 옳다. 수소원자의 려기에네르기준위를 그리면 그림과 같다. 려기된 수소원자는 빛량자를 내보내면서 바닥준위로 내려온다. $n=3$인 려기상태에서 n=2, 1상태로 빛량자를 내보낼수 있는 경우는 두가지이다.
2. ㄴ, ㄷ이 옳다. 한곳에서 생긴 력학적진동이 다른곳으로 전파되는것이 력학적파동이다. 따라서 력학적파동은 력학적진동이 있어야만 일어나며 이때 파동은 질점의 진동수와 같은 진동수로 전파된다.
3. ㄱ, ㄷ이 옳다. 질량이 일정한 리상기체에 대하여 압력을 일정하게 유지하면서 체적을 증가시키자면 온도를 높여야 한다. 따라서 리상기체의 내부에네르기는 증가하게 된다. 한편 체적을 일정하게 유지하면서 압력을 증가시키자면 온도를 높여야 하므로 내부에네르기는 증가하게 된다.
4. ㄱ, ㄷ이 옳다. 볼록렌즈앞 a위치에 놓인 손목시계는 초점거리안에 놓여있으므로 확대된 바로선 허영상이 얻어진다. 따라서 a위치에 바로선 허영상이 얻어진다. 따라서 a위치에 놓여있는 시계바늘의 회전방향은 변하지 않는것으로 보인다. 한편 b위치에 놓은 손목시계는 초점거리밖에 놓이므로 거꾸로 선 확대된 실영상이 얻어진다. 따라서 b의 시계바늘 회전방향은 변하지 않으나 시계판의 상하좌우가 다 바뀐것으로 보인다.
5. ㄷ이 옳다. 구를 던질 때의 처음속도를 v_0이라고 하면 구에 대하여 사람이 한 일은 $A=\frac{mv_0^2}{2}$이며 점 A, B, C에서 력학적에네르기보존법칙에 의하여 다음과 같은 식이 성립한다.

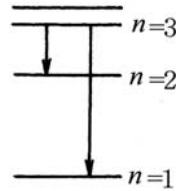
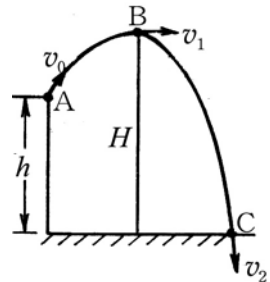



그림 42

$$\frac{mv_0^2}{2}+mgh=\frac{mv_1^2}{2}+mgH=\frac{mv_2^2}{2}$$

따라서 사람이 한 일은

$$A=\frac{1}{2}mv_2^2-mgh$$

또는 $$A=\frac{1}{2}mv_1^2+mg(H-h)$$

6. ㄴ, ㄷ이 옳다. 뉴톤의 제3법칙에 의하여 선수가 땅면을 누르는 힘과 땅면의 맞선힘은 크기가 같고 방향이 반대이다. 선수가 운동상태에서 선수의 중력보다 큰 힘으로 누르기때문에 중력보다 큰 맞선힘을 받아 뛰여오르게 된다.

7. ㄷ이 옳다. 방사선원천에서 나온 방사선이 대전립자인 경우 고른자기마당에 수직으로 들어가면 로렌쯔힘을 받아 자리길이 구부러진다. 만일방사선이 α립자라면 왼손규칙에 의하여 왼쪽으로 기울어지고 β선이라면 오른쪽으로 기울어진다. 따라서 방사선은 반드시 β선이다.

8. ㄷ이 옳다. 전기띤 립자가 일정한 속도로 고른자기마당구역에서 운동하는 경우 로렌쯔힘을 받는다. 로렌힘은 운동방향에 수직으로 작용하므로 속도의 방향만을 변화시킨다. 따라서 그의 운동량은 변하지만 운동에네르기는 변하지 않는다.

9. ㄱ, ㄹ이 옳다. 가로파가 바줄을 따라 오른쪽으로 전파되는 경우 모든 립자들의 진폭은 다 같으며 먼저 변위한 질점이 평형자리에 먼저 이르게 된다. 때문에 질점 B는 C보다 먼저 평형자리에 이룬다.

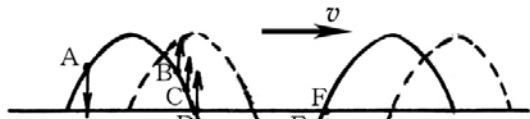



그림 43

10. ㄷ, ㄹ이 옳다. 전력선은 그 선우의 매 점들에서 그은 접선방향이 그 점들에서의 전기마당의 방향으로 되는 선으로서 +극에서 시작며 −극에서 끌나거나 멀리 뻗어나갈수 있다. 때문에 전력선방향으로 가면서 전위가 낮아진다. 만일 전기마당속에서

임의의 두 전력선이 서로 사귄다면 한 점에서 전기마당의 방향이 두개여야 하는데 이것은 모순이다.

11. ㄴ, ㄷ이 옳다. 물체를 이루고있는 모든 부분들에 작용하는 중력들의 합력의 작용점을 중력중심이라고 한다. 바른4각형, 직4각형판대기, 직6면체와 같은 규칙적인 모양을 가진 물체의 중력중심은 대각선들의 사귐점이며 원 또는 구의 중심은 중력중심으로 된다.

12. ㄴ이 옳다. 흰빛을 프리즘으로 지나보내면 무지개처럼 아름다운 색갈들로 갈라지는데 이런 현상을 빛의 분산이라고 한다. 흰빛은 여러가지 색의 빛들로 이루어졌는데 그것들의 파장을 각이하다. 결국 빛의 분산현상은 굴절률이 파장에 따라 다르기때문에 생긴다. 파장이 긴 붉은색빛은 굴절률이 작고 파장이 짧은 보라색으로 갈수록 굴절률이 커진다. 그러므로 웃부분은 붉은색, 아래부분은 보라색으로 보인다.

13. 등속직선운동을 나타내는 그라프는 그림 ㄷ, 자유락하운동을 나타내는 그라프는 그림 ㄱ, 수평으로 던진 물체의 운동을 나타내는 그라프는 그림 ㄴ, 드림선우로 던진 물체의 운동을 나타내는 그라프는 그림 ㄹ

14. 원운동하는 물체의 처음속도를 v_1, 1/4 주기동안 운동하였을 때이 속도를 v_2, 1/2주기동안 운동하였을 때의 속도를 v_3 이라고 하자. 그러면 처음운동량은 $P_1 = mv_1$ 이다.

1/4주기동안 운동하였을 때의 운동량은 $P_2 = mv_2$

1/2주기동안 운동하였을 때의 운동량은 $P_3 = mv_3$ 이다.

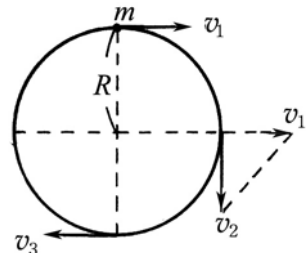



그림 44

여기서 v_1, v_2, v_3의 크기는 모두 v이다.

그러므로 1/4주기동안 운동하였을 때 운동량변화는

$$P_2 - P_1 = mv_2 - mv_1 = m(v_2 - v_1)$$

그의 크기는 $\sqrt{2}mv$ 이다.

또한 1/2주기동안 운동하였을 때 운동량변화는

$$P_3 - P_1 = mv_3 - mv_1 = m[v_3 - (-v_3)] = 2mv_3$$

그의 크기는 $2mv$ 이다.

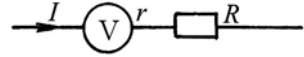
15. **풀이.** 주어진것: $r=5\Omega$, $I=10\text{mA}$, $U=10\text{V}$

구하는것: R?

전압계과 보충저항 R 를 직렬로 련결하면

그림 45

$$U=I(r+R)$$

$$R=\frac{U}{I}-r=\frac{10}{10\times10^{-3}}-5=955(\Omega)$$

답. 955Ω, 직렬

16. 물체의 질량 $m=12.5\text{g}$ 이다.

절대오차는 최소눈금의 절반이다.

즉 $$\Delta m=\frac{0.1}{2}=0.05(\text{g})$$

상대오차 $\delta_m=\frac{\Delta m}{m}\times100=\frac{0.05}{12.5}\times100=0.4(\%)$

17. $$\rho=\frac{m}{V}=\frac{\rho_{물}(V_0-V_1)}{V_2-V_1},\ V_0,\ V_1,\ V_2$$

물그릇에 물을 가득 붓고 그 물을 메스실린더에 넣어 물의 체적 V_0 을 잰다.

· 물그릇에 물을 가득 붓고 거기에 나무토막을 넣으면 일부는 잠기면서 물이 넘어난다. 나무토막을 꺼내고 물그릇의 물을 메스실린더에 넣어 이때의 물의 체적 V_1 을 잰다. 나무토막의 무게와 뜰힘의 크기가 같으므로 물의 체적차를 알면 나무토막의 질량을 구할수 있다. 즉

$$\Delta V=V_0-V_1,\quad m=\rho_{물}\cdot\Delta V$$

· 물의 체적이 V_0 인 때 메스실린더에 나무토막을 넣고 긴 금속바늘로 눌러 물에 완전히 잠기게 하고 체적 V_2 을 측정하여 나무토막의 체적을 결정한다. 즉

$$V=V_2-V_0$$

· 나무토막의 밀도는 식 $\rho=\frac{m}{V}=\frac{\rho_{물}(V_0-V_1)}{V_2-V_1}$ 으로 결정된다.

· 측정해야 할 물리적량은 V_0, V_1, V_2 이다.

18. 주어진것은 $h_1 = 1.8\text{m}$, $h_2 = 0.45\text{m}$이다.

땅에 닿는 시간과 속도를 계산하면 다음과 같다.

$h = \frac{1}{2}gt^2$ 로부터 $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2\times1.8}{9.8}} = 0.6(\text{s})$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2\times0.45}{9.8}} = 0.3(\text{s})$$

한편

$v_1 = gt_1 = 9.8\times0.6 = 5.88(\text{m/s})$

$v_2 = gt_2 = 9.8\times0.3 = 2.94(\text{m/s})$

표를 작성하고 v-t 그라프를 그리면 다음과 같다.

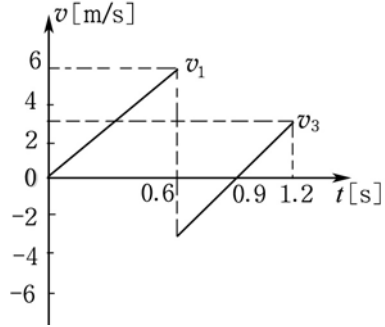



그림 46

t(s)	0	0.6	0.9	1.2
v(m/s)	0	5.88	0	2.94

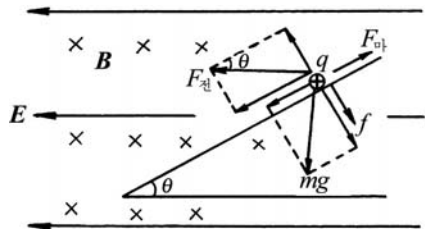
19. 풀이. 주어진것: $E = 2\text{N/C}$, $B = 0.5\text{T}$, $\theta = 37°$, $m = 0.9\text{g}$,

$q = 5\times10^{-4}\text{C}$, $\mu = 0.5$

구하는것: v?

대전립자는 서로 수직인 전기마당과 자기마당속에서 힘 mg, f, $F_{전}$, $F_{마}$를 받으면서 절연판에서 등속으로 미끄러진다.

그림 47

대전립자에 작용하는 힘들의 평형조건은 다음과 같다.

$$mg\sin\theta + qE\cos\theta = \mu(mg\cos\theta + qvB - qE\sin\theta)$$

$$v = \frac{mg\sin\theta + qE\cos\theta}{\mu qB} - \frac{mg\cos\theta}{qB} + \frac{qE\sin\theta}{qB} =$$

$$=\frac{mg}{qB}\left(\frac{\sin\theta}{\mu}-\cos\theta\right)+\frac{E}{B}\left(\frac{\cos\theta}{\mu}+\sin\theta\right)=$$

$$=\frac{9\times10^{-4}\times9.8}{5\times10^{-4}\times0.5}\left(\frac{0.6}{0.5}-0.8\right)+\frac{2}{0.5}\left(\frac{0.8}{0.5}+0.6\right)=$$

$=22.9(\text{m/s})$

답. 22.9m/s

20. **풀이.** 주어진것: $l=10\text{cm}$, $h=10\text{cm}$,

$P_0=0.1\text{MPa}$, $P=13.6\times10^3\text{kg/m}^3$

구하는것: b?

막힌 관에서 수은면이 내려온 거리를 b라고 하자.

수은을 뽑기전 막힌 관의 기체의 압력

$$P_0=\frac{m}{\mu}\cdot\frac{RT}{Sl} \qquad (1)$$

수은을 뽑은후 막힌관의 기체의 압력

$$P_0=\frac{m}{\mu}\cdot\frac{RT}{S(l+b)}+\rho g(h-b)$$

$$P_0-\rho g(h-b)=\frac{m}{\mu}\cdot\frac{RT}{S(l+b)} \qquad (2)$$

식 1과 2를 변끼리 나누면

$$\frac{P_0-\rho g(h-b)}{P_0}=\frac{l}{l+b}$$

$$1-\frac{\rho g(h-b)}{P_0}=\frac{l}{l+b}$$

$$\frac{\rho g(h-b)}{P_0}=\frac{l}{l+b}$$

그림 48

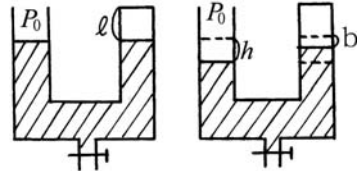
$$\frac{13.6\times10^3\times9.8(0.1-b)}{10^5}=\frac{b}{0.1+b}$$

$$b^2+0.75b-0.01=0$$

$$b=\frac{-0.75\pm\sqrt{0.75^2+4\times0.01}}{2}=\frac{-0.75\pm0.776}{2}$$

$b_1=-0.763$ (버린다.) $b_2=0.013(\text{m})$

답. 1.3cm

2007년

1안

1. ① 부등속직선운동이란 속도가 시간에 따라 변하는 직선운동을 말한다.'
   ② 가속도란 단위시간동안의 속도의 변화량과 같은 량이다.
   ③ 중력의 자리에네르기란 물체가 높은 곳에 있기때문에 가지는 에네르기를 말한다.
   ④ 전위란 전기마당속의 주어진 점에서 단위양전기량(전하)이 가지는 자리에네르기를 말한다.
   ⑤ 녹음이란 고체가 액체로 변하는 현상을 말한다.
   ⑥ 빛의 굴절이란 빛이 한 매질에서 다른 매질의 경계면을 지날때 빛선이 꺽이면서 둘째 매질로 들어가는 현상을 말한다.
   ⑦ 오른손규칙이란 오른손바닥으로 자력선을 받고 엄지손가락을 직선도선의 운동방향으로 향하게 했을 때 엄지손가락에 대하여 직각으로 펼친 네손가락이 유도전류의 방향을 가리킨다는것이다.
   ⑧ 진동이란 물체가 같은 운동을 되풀이하는 현상 즉 물체가 평형자리를 중심으로 왔다갔다하는 운동을 말한다.
   ⑨ 삼투란 반투막을 통하여 농도가 낮은 용액쪽에서 농도가 높은 용액쪽으로 용매(보통 물)가 스며드는 현상을 말한다.
   ⑩ 운동량보존법칙이란 닫긴계에서 물체들이 호상작용할 때 매개 물체들의 운동량은 변하지만 계의 운동량의 총합은 변하지 않는다는것이다.
2. ① 등속원운동에서 물체는 속도의 크기는 일정하지만 방향은 끊임없이 변하는 가속운동을 하게 된다. 등속원운동에서 속도의 방향변화를 나타내는 가속도가 바로 향심가속도이다.
   ② 직렬련결한 축전기렬의 전기용량은 매개 축전기의 전기용량들보다 작다. 병렬련결한 축전기렬의 전기용량은 매개 축전기의 전기용량들의 합과 같으므로 커진다. 따라서 축전기들을 직렬, 병렬련결하여 전기용량을 작게 또는 크게 하

여 쓸수 있다. 또한 축전기들을 직렬련결하면 총전압이 매개 축전기에 나뉘여 걸리므로 절연내압이 낮은 축전기들을 직렬로 이어놓은 전압에 쓸수 있다.

③ 금속은 전기저항이 매우 작은 도체이며 반도체에서 전기나르개는 전도전자와 구멍이며 금속에서는 자유전자이다. 반도체의 전기저항은 가열하거나 빛을 쏘이면 작아지고 혼삽물의 량에 따라 커진다.

④ 정상파는 진동수와 진동방향 및 진폭이 같은 두 파동이 서로 반대방향으로 퍼지면서 중첩되여 자리에 따라 배와 마디가 번갈아 나타나는 파동이다. 전파되는 파동은 퍼져나가지만 정상파에서는 파동모양이 전파되여나가지 않는다.

전파되는 파동은 마찰을 무시하면 전파되는 과정에 진폭이 일정하지만 정상파에서는 배에서 최대, 마디에서 최소이며 배와 마디사이에서는 자리에 따라 서로 다르다.

전파되는 파동에서는 전동자리각이 전파방향으로 가면서 점차 늦어지지만 정상파에서는 마디와 마디사이의 모든 점들이 꼭같은 자리각으로 진동한다.

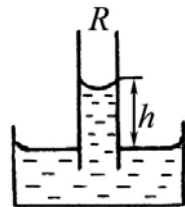
3. 고체분자와 액체분자자사이의 끌힘이 액체분자들사이의 끌히보다 클 때에는 액체가 고체를 적시고 작을 때에는 적시지 않는 현상을 적심현상이라고 한다.

액체속에 내경이 작은 유리관(실관)을 잠글 때 액체가 고체를 적시는 경우에는 액체가 실관속으로 올라가고 적시지 않는 경우에는 내려가는 현상을 실관현상이라고 한다.

적심현상에 의하여 실관속액체의 겉면(액면)은 곡면으로 도니다. 그러므로 이 곡면인 경우 액면에는 겉면적이 가장 작은 평면으로 되려는 겉면장력이 작용한다. 따라서 실관속의 액체는 이 겉면장력이 액체기둥의 무게와 같아질 때까지 올라가거나 내려온다.

액체가 실관을 적시는 경우에는 액면이 오목한 곡면으로 되여 액체가 올라가고 적시지 않는 경우에는 액면이 볼록한 곡면으로 되여 액체가 내려간다.

그림 49

액체가 오르내리는 높이 h 는 다음과

같이 결정된다.

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$$

여기서 σ 는 걸면장력결수, ρ 는 액체의 밀도, r 는 실관의 반경

식에서 보는것처럼 실관에서 물기둥이 오르내리는 높이는 실관의 내경이 작을수록 크고 걸면장력결수가 큰 액체일수록 크다.

4. 0s-2s사이에 물체는 가속도 $a_1 = 3\text{m/s}^2$ 으로 등가속운동을 하며 2s-4s사이에는 속도 $v = 6\text{m/s}$ 로 등속운동을 하고 4s-6s사이에는 처음속도 $v = 6\text{m/s}$, 가속도 $a_2 = 2\text{m/s}^2$ 으로 등가속운동을 한다.

0s-2s사이에 간 거리

$$S_1 = \frac{1}{2}a_1t^2 = \frac{1}{2}\times 3\times 2^2 = 6(\text{m})$$

2s-4s사이에 간 거리

$$S_2 = vt = 6\times 2 = 12(\text{m})$$

4s-6s사이에 간 거리

$$S_3 = vt + \frac{1}{2}a_2t^2 =$$

$$= 6\times 2 + \frac{1}{2}\times 2\times 2^2 = 16(\text{m})$$

표를 작성하고 거리그라프를 그리면 다음과 같다.

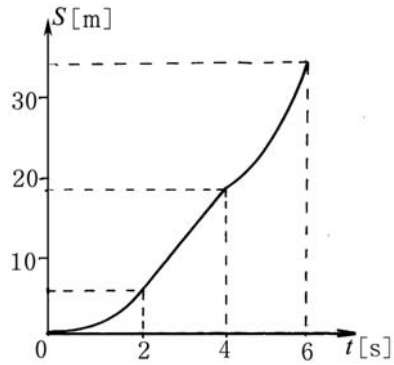



그림 50

t(s)	0	2	4	6
S(m)	0	6	18	34

5. 모래그릇에 전도성종이를 깔고 그우에 깨끗한 모래를 골고루 펴고 면을 매끈하게 다져놓는다. 모래에 일정한 거리를 두고 원형전극과 평판전극을 꽂아 설치한 다음 련결도선으로 저압전원장치와 련결한다, 고정탐침과 이동탐침사이에 련결도선으로 검류계를 련결한다.

전원스위치를 넣어 전도성조이를 따라 약한 전류가 흐르게 한다.

두 전극사이의 임의의 점에 고정탐침을 꽂고 이동탐침으로 검류계바늘이 령을 가리키는 등전위점들을 여러개 찾아 모래우에 원할한 곡선으로 련결한다. 이것이 바로 등전위선이다.

고정탐침을 전극사이에서 일정한 간격으로 이동시키면서 우의 실험방법으로 등전위선들을 그린다.

등전위선들이 모래그릇전반에 균등하게 놓이도록 실험을 계속 한다.

6. **풀이.** 주어진것: $m=3\text{t}$, $t=2\text{s}$, $S=6\text{m}$

구하는것: $F_{제}$?, v?

자동차가 지나간 거리는

$$S=vt-\frac{1}{2}at^2=vt-\frac{1}{2}vt=\frac{1}{2}vt$$

따라서 제동이 걸린 순간 자동차의 속도는

$$v=\frac{2S}{t}=\frac{2\times 6}{2}=6(\text{m/s})$$

자동차에 걸린 제동힘의 크기는

$$F_{제}=ma=m\frac{v^2}{2s}=3\ 000\times\frac{6^2}{2\times 6}=9\ 000(\text{N})$$

답. 9kN, 6m/s

7. **풀이.** 주어진것: $t_1=0℃$, $t_{평}=40℃$, $t_2=100℃$, $V=1\ 000l=1\text{m}^3$, $L=2\ 260\text{kJ/kg}$, $C=4\ 200\text{J}(\text{kg}\cdot℃)$

구하는것: m?

열평형방정식을 세우면

$$Lm+cm(t_2-t_{평})=c\rho V(t_{평}-t_1)$$

$$m=\frac{c\rho V(t_{평}-t_1)}{L+C(t_2-t_{평})}=\frac{4\ 200\times 10^3\times 1(40-0)}{2\ \ 260\times 10^3+4\ 200(100-40)}=66.88(\text{kg})$$

답. 66.88kg

8. **풀이.** 주어진것: $U=220\text{V}$, $P_1=200\text{W}$ $P_3=300\text{W}$

구하는것: Q_1?, Q_2?

두 전열기를 직렬로 련결할 때 단위시간동안에 나오는 열량은

$$Q_1=I^2(R_1+R_2)=\left(\frac{U}{R_1+R_2}\right)^2\cdot(R_1+R_2)=\frac{U^2}{R_1+R_2}=$$

$$=\frac{U^2}{\frac{U^2}{P_1}+\frac{U^2}{P_2}}=\frac{P_1P_2}{P_1+P_2}=\frac{200\times 300}{200+300}=120(\text{J/s})$$

두 전열기를 병렬로 련결할 때 전체저항 R는

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \text{ 로부터}$$

$$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{\frac{U^2}{P_1}\cdot\frac{U^2}{P_2}}{\frac{U^2}{P_1}+\frac{U^2}{P_2}}=\frac{U^2}{P_1+P_2}$$

두 전열기를 병렬로 련결할 때 단위시간동안에 나오는 열량은

$$Q_2=\frac{U^2}{R}=\frac{U^2}{\frac{U^2}{P_1+P_2}}=P_1+P_2=200+300=500(\mathrm{J/s})$$

답. 120J/s, 두 전열기를 직렬로 련결할 때 나오는 열량은 병렬로 련결할 때보다 작다.

9. 풀이. 주어진것: $m=250\mathrm{g}$, $F_A=F_B=8\mathrm{N}$, $l_{AB}=1\mathrm{m}$

$l_{AC'}=0.25\mathrm{m}$, $l_{AC}=l_{AB}=0.5\mathrm{m}$

구하는것: F_C?, $F_{C'}$?

그림에 보가 받는 힘들을 표시하고 점 C에 대한 힘모멘트평형조건식을 세우고 점 C'가 받는 힘을 구하면 다음과 같다.

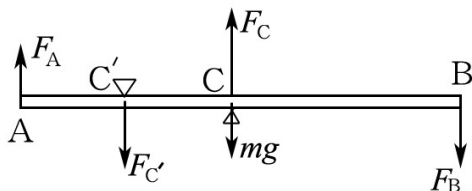



그림 51

$$F_Al_{AC}+F_Bl_{CB_C}=F_{C'}l_{CC'}$$

$$F_{C'}=\frac{F_Al_{AC}+F_Bl_{CB}}{l_{CC'}}=\frac{8\times0.5+8\times0.5}{0.25}=32(\mathrm{N})$$

한편 평행힘의 평형조건에 의하여

$$F_A+F_C=F_{C'}+mg+F_B$$

따라서 $F_C=F_{C'}+mg=32+0.25\times9.8=34.45(\mathrm{N})$

답. 34.45N, 32N

2안

1. ① 등가속직선운동이란 같은 시간동안에 속도가 같은 크기만큼 변하는 직선운동을 말한다.
   ② 속도란 단위시간동안에 옮겨간 거리와 같은 량이다.
   ③ 운동에네르기란 물체가 운동하기때문에 가지는 에네르기를 말한다.
   ④ 전압이란 전기마당속의 두 점사이로 단위양전기량(전하)을 옮길 때 전기힘이 하는 일과 같은 량이다.
   ⑤ 증발이란 액체겉면에서 액체가 기체로 되는 현상을 말한다.
   ⑥ 빛의 반사란 빛이 한 매질에서 전파되다가 다른 매질의 경계면에 이르러 되돌아나오는 현상을 말한다.
   ⑦ 왼손의 규칙이란 왼손바닥으로 자력선이 들어가게 하고 네손가락으로 전류의 방향을 가리킬 때 네손가락에 대하여 직각으로 편친 엄지손가락이 자기힘의 방향을 가리킨다는것이다.
   ⑧ 파동이란 매질의 한 곳에 생긴 진동이 다른 곳으로 전파되여 나가는 현상을 말한다.
   ⑨ 확산이란 분자들의 무질서한 열운동에 의하여 밀도가 큰데서 작은데로 분자들이 퍼지면서 밀도가 고르롭게 되여가는 현상을 말한다.
   ⑩ 아르키메데스법칙이란 류체속에 잠긴 물체에 작용하는 뜰힘은 그 물체가 류체속에 잠기면서 밀어낸 류체의 무게와 같다는것이다.
2. ① 등속직선운동하던 물체가 등속원운동을 하려면 운동방향에 수직되게 늘 안쪽으로 향심력을 작용하여야 한다.
   ② 전동력이 같은 전지를 병렬련결하면 전동력의 크기는 변하지 않지만 내부저항이 작아지므로 전류를 크게 할수 있으며 전지를 직렬련결하면 전지렬의 전동력은 매개 전지의 전동력의 합으로 되므로 전동력을 크게 할수 있다.
   ③ 순수반도체에서 전기나르개인 전도전자와 거풍의 수는 같으므로 전도전자에 의한 전자전류와 구멍에 의한 구멍전류는 같다. 그러나 순수반도에서 주개 원소를 약간 섞으면 기본전기나르개가 전자인 전자반도체(n형반도체)가 되고 받개원소를 약간 섞으면 기본전기나르개가 구멍인 구멍반도체(p형

반도체)가 된다.

혼입물반도체에서 혼입물의 량을 적당히 조절하면 전기나르개의 수가 조절되여 그의 전기저항을 임의로 변화시킬수 있다.

④ 파동의 전파속도는 식 $v=\lambda\nu$ 에 의하여 결정된다. 따라서 진동수가 일정할 때 주어진 줄을 따라 퍼지는 파동의 전파속도는 파장 λ에 관계된다.

3. 액체겉면의 분자들이 겉면적이 가장 작게 되도록 서로 당기는 힘을 겉면장력이라고 한다. 액체속에 있는 분자들은 주위에 있는 다른 모든 분자들로부터 사방으로 고르로운 끌힘을 받으므로 전체적으로는 끌힘을 받지 않는것과 같다. 그러나 액체겉면층에 있는 분자들은 자기 둘레의 절반만 액체속에 있는 분자들과 작용하기때문에 액체속으로 향하는 끌힘을 받게 된다. 따라서 겉면은 늘어난 고무막과 같이 줄어들려는 성질을 가지게 된다. 결과 액체겉면을 따르는 일종의 장력이 작용하게 된다. 겉면장력의 액체겉면의 경계선에 수직이면서 액체겉면에 그은 접선 방향으로, 겉면적을 줄이는 방향을 향한다. 겉면장력의 크기는 액면의 경계선의 길이에 비례한다.

$$F=\sigma l$$

여기서 σ 는 액면의 경계선의 단위길이에 작용하는 겉면장력으로써 겉면장력결수라고 한다.

겉면장력결수의 단위는 1N/m이다. 겉면장력결수는 액체의 종류에 따라 다르며 주어진 액체에서는 온도가 높을수록 작아진다.

4. 0s-2s사이에 물체는 가속도 $a_1=1.5\mathrm{m/s^2}$ 으로 등가속운동을 하며 2s-4s사이에는 $v=3\mathrm{m/s}$ 로 등속운동을 하고 4s-6s사이에는 가속도 $a_2=1\mathrm{m/s^2}$ 으로 등감속운동을 한다.

0s-2s사이에 물체가 간 거리

$$S_1=\frac{1}{2}\times1.5\times2^2=3(\mathrm{m})$$

2s-4s사이에 물체가 간 거리

$$S_2=3\times2=6(\mathrm{m})$$

4s-6s사이에 물체가 간 거리

$$S_3=\frac{1}{2}\times1\times3^2=4.5(\mathrm{m})$$

표를 작성하고 거리그라프를 그리면 다음과 같다.

t(s)	0	2	4	6
S(m)	0	3	9	13.5

5. 큰 선륜과 검류계를 련결도선으로 련결한다. 영구자석을 선륜속에서 움직이면 검류계바늘이 움직이는것을 관찰할수 있다. 즉 유도전동력이 생기고 유도전류가 흐른다. 이때 자석을 넣을 때와 뺄 때 검류계바늘이 서로 반대로 움직이며 자석의 극을 바꾸면 검류계바늘은 우에서와는 반대로 움직인다. 또한 자석을 빠른 속도로 움직이면 보다 큰 유도전류가 흐르는것을 관측할수 있다. 다음으로 작은 선륜을 큰 선륜속에 넣고 작은 선륜과 전원, 스위치를 련결도선으로 직렬련 련결한다.

스위치를 넣었다 뗐다하면 검류계바늘이 움직이는것을 관측할수 있다. 이때 스위치를 넣을 때와 뗄 때 검류계바늘이 서로 반대로 움직인다.

이처럼 변하는 자기마당속에 놓인 선륜에는 유도전동력이 생기고 유도전류가 흐른다는것을 실험으로 확증할수 있다.

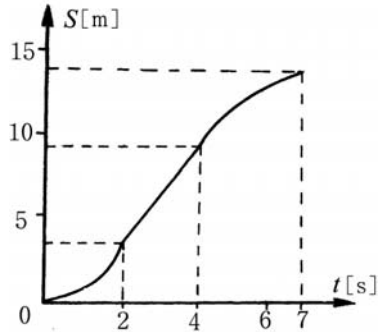



그림 52

6. **풀이.** 주어진것: $a_1=8\text{m/s}^2$, $a_2=24\text{m/s}^2$

구하는것: a?

뉴톤의 제2법칙에 의하여 두 물체의 질량을 구하면

$$m_1=\frac{F}{a_1},\quad m_2=\frac{F}{a_2}$$

두 물체를 하나로 이었을 때 가속도 a를 구하면

$$F=(m_1+m_2)a$$

$$a=\frac{F}{m_1+m_2}=\frac{F}{\frac{F}{a_1}+\frac{F}{a_2}}=\frac{a_1a_2}{a_1+a_2}=\frac{8\times24}{8+24}=6(\text{m/s}^2)$$

답. $6(\text{m/s}^2)$

7. 풀이. 주어진것： $t_1 = 8℃$， $m = 350g$， $t_2 = 100℃$， $t_{평} = 40℃$

$L = 2\,260\text{kJ/kg}$， $C = 4\,200\text{J/(kg·℃)}$

구하는것： R？

수증기가 내놓은 열량으로 물을 가열하므로

$$LM + CM(t_2 - t_{평}) = cm(t_{평} - t_1)$$

$$M = \frac{cm(t_{평} - t_1)}{L + C(t_2 - t_{평})} = \frac{4\,200 \times 0.35(40-8)}{2\,260 \times 10^3 + 4\,200(100-40)} = 0.0187(\text{kg})$$

답. 18.7g

8. 풀이. 주어진것： $t_1 = 20℃$， $t_2 = 100℃$， $m = 2\text{kg}$， $t = 10\text{min}$

$\eta = 0.8$， $U = 200\text{V}$

구하는것： R？

전열기가 내는 열량으로 물을 끓이므로

$$\eta \frac{U^2}{A} t = cm(t_2 - t_1)$$

$$R = \frac{\eta U^2 t}{cm(t_2 - t_1)} = \frac{0.8 \times 200^2 \times 600}{4\,200 \times 2(100-20)} = 28.6(\Omega)$$

답. 28.6Ω

9. 풀이. 주어진것： $m_1 = 15\text{kg}$， $m_2 = 15\text{kg}$

CA=1.5m，AB=0.5m

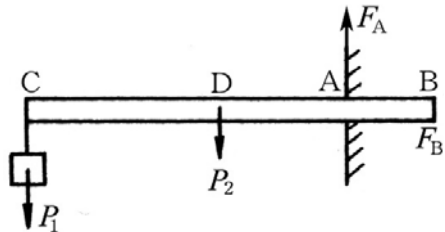
구하는것： F_A？， F_B？

점 A에 대한 막대기의 힘모멘트 평형조건식을 세우고 점 B가 받는 힘을 구하면

$$m_1 g \cdot CA + m_2 g \cdot DA = F_B \cdot AB$$

그림 53

$$F_B = \frac{m_1 g \cdot CA + m_2 g \cdot DA}{AB} =$$

$$= \frac{15 \times 9.8 \times 1.5 + 15 \times 9.8 \times 0.5}{0.5} = 588(\text{N})$$

점 A가 받는 힘을 구하면

$$F_A = m_1g + m_2g + F_B = 15\times9.8 + 15\times9.8 + 588 = 882(\mathrm{N})$$

답. 882N, 558N

2008년

1안

1. ① 벡토르량-크기뿐아니라 방향도 가지는 물리적량

② 전류의 세기-단위시간동안에 도체의 자름면을 지나는 전기량과 크기가 같은 량

$$I = \frac{q}{t}$$

단위는 $1\mathrm{A} = \dfrac{1\mathrm{C}}{1\mathrm{S}}$이다.

1A란 도체의 자름면을 1s동안에 1C의 전기량이 통과할 때의 전류의 세기이다.

※ 전류의 세기 단위 1A는 기본단위이다.

원래 기본단위는 식에 의해서가 아니라 국제적협약에 의하여 정해진다.

전류의 세기는 단위 1A는 평행전류의 호상작용법칙에 기초하여 정의된다.

진공속에서 1m의 거리를 두고 평행으로 놓인 끝없이 길고 가는 두 개의 전기줄에 꼭같은 정상전류가 흐를 때 전기줄의 길이 1m에 작용하는 힘이 2×10^{-7}N인 전류의 세기가 1A이다.

③ 굴절률-빛이 진공으로부터 다른 매질속으로 퍼지면서 굴절될 때 입사각의 시수스를 굴절각의 시누스로 나눈값을 그 매질의 굴절률이라고 한다.

④ 증발열-액체가 증발할 때 밖으로부터 흡수하는 열량

$$Q = Lm \qquad L: 비증발열$$

증발열은 증발한 액체의 질량과 증발온도에 관계된다.

⑤ 초음파-진동수가 2 000Hz를 넘는 소리파

2. ① 갑자기 끌면 전체차량의 관성(질량)이 크므로 끌기가 힘들다. 그러나 뒤로 물러났다가 끌면 한차량씩 끌어당기므로 쉽다.

② 열린 그릇속의 물은 계속 증발한다. 닫긴 그릇속의 물은 증발하지 않기때문이다. 열린 그릇속의 물은 계속 증발하면서 열을 빼앗아가지고 날아나므로 물의 온도는 방안온도보다 낮아진다.

닫긴 그릇속의 물우의 증기는 포화되므로 증발이 일어나지 않으므로 온도는 방안온도와 같다.

③ 공통점: 단위가 1V로서 같다. 다같이 단위전기량을 옮기는데 필요한 일과 크기가 같은 량

차이점: 전압공식 $U=\frac{A}{q}$에서 일 A는 전기마당속에서 전기힘이 하는 일이고 전동력 공식 $\varepsilon=\frac{A}{q}$에서 일 A는 전기힘을 극복하면서 비전기적외부힘이 전기량을 나르는데 쓰이는 일이다.

④ 없다. 매 이온들이 만드는 전기마당의 힘이 령이기때문이다.

⑤ 감긴 태엽이 풀리면서 흔들이의 진동이 잦아들지 않도록 주기적으로 에네르기를 보태주기때문이다.

3. 고체의 구조

고체는 결정체와 무정형체로 나눈다.

결정체: 알갱이들의 배치상태가 규칙적으로 이루어진것

무정형체: 알갱이들의 배치상태가 불규칙적으로 이루어진것

- 분자들의 열운동

분자들은 분자들사이의 끌힘과 밀힘이 비기는 평형자리를 중심으로 무질서한 진동을 하며 그 자리를 벗어나지 못한다.

4. 기구와 재료: 자화선륜, 선륜안에 들어갈수 있는 강자성체막대기들, 작은 못과 철가루가 들어있는 그릇, 휴즈, 전등과 소케트, 교류전원, 스위치

실험방법

① 선륜, 휴즈, 교류전원(220v 또는 그이상), 스위치로 회로를 구성한다.

② 강자성체막대기(줄칼, 드릴날, 못, 순철, 규소강 등)를 철가루에 대여보고 자화되지 않았음을 확인한다.

③ 강자성체막대기를 선륜속에 놓고 스위치를 닫으면 휴즈가

끊어진다. 선륜속에서 꺼낸 강자성체막대기에 철가루나 못을 대여보고 자화되였음을 확인한다.

④ 휴즈대신 그 자리에 220V용전등을 련결한다. 자화된 철막대기자석에 철가루와 못을 붙인후 선륜속에 넣는다. 이때 회로에 련결하는 전등(기타 다른 전기부하)은 정격전력이 클수록 좋다.

⑤ 스위치를 닫은 후 교류가 흐르는 선륜안에서 자석을 서서히 꺼낼 때 자석에 붙어있던 철가루나 못이 떨어지는것을 살펴보면서 언제 자화되는가를 알아본다.

⑥ 선륜속에서 소자된 철막대기를 다꺼내면 스위치를 열고 다시 철막대기에 철가루나 못을 대여보고 실지 자성을 잃었는가를 확인한다.

5.

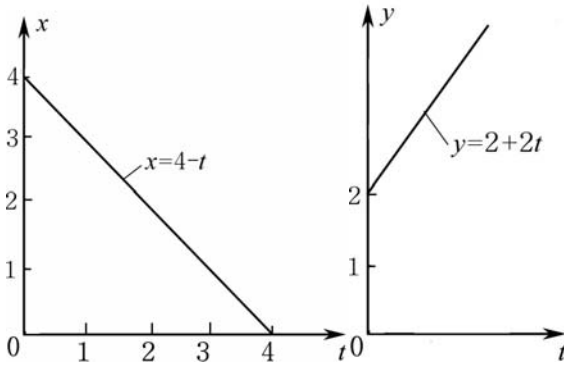



그림 54

6. 풀이.

$$\begin{cases} m_1 a = m_1 g - T & ① \\ m_2 \dfrac{a}{2} = 2T - m_2 g & ② \end{cases}$$

식 ①에 2를 곱하고 여기에 식 ②를 더하면

$$2m_1 a + m_2 \frac{a}{2} = (2m_1 m_2)g$$

$$a = \frac{2m_1 - m_2}{2m_1 + \dfrac{m_2}{2}} g$$

추가 내려가기 위한 조건 $a \geq 0$ 이여야 한다.

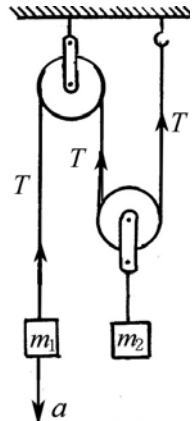



그림 55

즉 $$2m_1 - m_2 \ge 0 \rightarrow m_1 \ge \frac{m_2}{2}$$

7. 풀이. 주어진것: $t_1 = 10℃$, $t_2 = -3℃$, $t = 4h = 14\,400\,s$
$P = 70W$, $m = 300g = 0.3kg$,
$c_1 = 4\,200J/kg\cdot℃$, $c_2 = 2\,100J/kg\cdot℃$
$\lambda = 3.3\times10^5 J/kg$

구하는것: Q?, η?

$$Q_1 = c_2 m(0 - t_2) \quad (1)$$
$$Q_2 = c_1 m(t_1 - 0) \quad (2)$$
$$Q_3 = \lambda m \quad (3)$$

식 1, 2, 3을 더하면
$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \eta P t$
$= c_2 m(0 - t_2) + c_1 m(t_1 - 0) + \lambda m =$
$= 2\,100\times0.3\times3 + 4\,200\times0.3\times10 + 3.3\times10^5\times0.3 = 113\,490(J)$

답. 약 11.3%

8. 풀이. 주어진것: $v_0 = 10m/s$, $v = 7m/s$, $t_1 = 0.5s$

구하는것: $h_{최}$? t?

$h_{최} = \frac{{v_{0y}}^2}{2g}$, $t_0 = \frac{2v_{0y}}{g}$ 에 v_{0y} 를 구하여 넣는것이다.

v_{0y} 는 다음과 같이 쉽게 구할수 있다.

$$\begin{cases} v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2 \quad (1) \\ v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_{0x}^2 + (v_{0y}^2 - gt)^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2 - 2gtv_{0y} + g^2t^2 \quad (2) \end{cases}$$

식 1에서 식 2를 덜면

$$v_0^2 - v_2 = 2gtv_{0y} - g^2t^2$$

$$v_{0y} = \frac{v_0^2 - v^2 + g^2t^2}{2gt} = \frac{100-49+100\times0.25}{2\times10\times0.5} = \frac{76}{10} = 7.6(m/s)$$

$$h_{최} = \frac{{v_{0y}}^2}{2g} = \frac{(7.6)^2}{20} = 2.888(m)$$

$$t_0 = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2\times7.6}{10} = 1.52(s)$$

답. 약 2.9m, 1.52s

9. 풀이. 주어진것: $c=20\,\mu\text{F}=2\times10^{5}\text{F}$, $L=160\text{H}$, $R=1\,000\,\Omega$

$\nu=60\text{Hz}$, $I=0.15\text{A}$

구하는것: P?

$$P=IU\cos\varphi=I^2R$$

$$P=I^2R=(0.15)^2\times1\,000=22.5(\text{W})$$

답. 22.5W

10. 풀이. 주어진것: $\nu=4\text{Hz}$, $v=2\text{m/s}$, $t=1\text{s}$

$x_1=12.5\text{cm}=0.125\text{m}$, $x_2=25\text{cm}=0.25\text{m}$

$x_3=50\text{cm}=0.5\text{m}$, $x_4=75\text{cm}=0.75\text{m}$

구하는것: α_1?, α_2?, α_3?, α_4?

$$\alpha=\omega\left(t-\frac{x}{v}\right)=2\pi\nu\left(t-\frac{x}{v}\right)$$

$$\alpha_1=2\pi\nu\left(t-\frac{x_1}{v}\right)=2\pi\cdot4\left(1-\frac{0.125}{2}\right)=7.5\pi\text{rad}$$

$$\alpha_2=2\pi\nu\left(t-\frac{x_2}{v}\right)=2\pi\cdot4\left(1-\frac{0.25}{2}\right)=7\pi\text{rad}$$

$$\alpha_3=2\pi\nu\left(t-\frac{x_3}{v}\right)=2\pi\cdot4\left(1-\frac{0.5}{2}\right)=6\pi\text{rad}$$

$$\alpha_4=2\pi\nu\left(t-\frac{x_4}{v}\right)=2\pi\cdot4\left(1-\frac{0.75}{2}\right)=5\pi\text{rad}$$

답. $7.5\pi\text{rad}$, $7\pi\text{rad}$, $6\pi\text{rad}$, $5\pi\text{rad}$

2안

1. ① 스칼라량-크기만 있고 방향은 없는 물리적량

② 전압과 그 단위

전압이란 전기마당속의 두 점 a와 b에서의 전위들의 차이다. 다시말하여 두점사이의 전압은 단위전기량을 띤 대전체를 그중 한점으로부터 다른점까지 옮길 때 전기힘이 하는 일과 같다.

$$U=\frac{W_a}{q_0}-\frac{W_b}{q_0}=\frac{A}{q_0}$$

단위는 $1V=\frac{1J}{1C}$ 이다.

1V는 1C의 전기량을 가진 대전체를 옮기는데 하는 일이 1J로 되는 두 점사이의 전압이다.

③ 전반사-빛이 광학적으로 밴 매질로부터 성긴 매질로 입사할 때 입사각이 어떤 값보다 커지면 입사빛이 모두 반사되는 현상

④ 포화증기-증기로 날아나는 분자수와 액체로 응결되는 분자수가 같은 평형상태에 있는 증기

⑤ 플라즈마-부분적으로 또는 완전히 이온화되여 전기띤 알갱이들로 이루어졌지만 전체적으로느 전기를 띠지 않는 상태의 물질

2. ① 도끼구멍에 자루를 조금 끼워 세워들고 자루뒤끌을 돌에 부딪쳐 주면 자루가 갑자기 멎는 순간에 마치가 관성에 의하여 계속 운동하면서 자루에 단단히 꽂히게 된다.

② 찬물을 끼얹으면 플라스크안의 물면우의 기체는 인차 식어 압력이(외부압력)이 빨리 작아진다. 그러나 물은 비열이 커서 인차 식지 않으므로 물속에 있는 기체방울속의 포화증기압은 얼마 작아지지 않는다. 결과 물속의 기체방울속의 포화증기압이 외부압력에 비하여 커지게 되면서 다시 끓음이 진행된다.

③ 큰 전동력을 얻거나 내부저항을 줄이기 위해서이다.

전지를 직렬로 련결하여야 큰 전동력을 얻을수 있으며 병렬로 련결하여야 내부저항을 줄일수 있다.

④ 금속에서 전기저항은 전기나르개인 자유전자가 전기힘을 받아 한방향으로 운동하는 과정에 금속원자와 부딪치는것으로 하여 생긴다.

그러므로 온도가 노아지면 자유전자와 금속원자와의 충돌이 심해져 저항이 커진다. 그러나 전해질에서의 전기저항은 주로 전기나르개의 부족으로 인하여 생긴다. 온도가 높아지면 해리되는 분자수가 많아져 이온이 많이 생기므로 전기나르게가 많아져 저항이 작아진다.

⑤ 없다. 파동이 립자들의 호상작용에 의해서 퍼지기때문이다.

3. 액체의 구조

액체의 분자구조는 가까운 거리에서 보면 어느 정도 질서가 있는듯하나 먼거리에서 보면 질서없는 근거리질서를 이루고있다. 따라서 틈이 많다.

분자의 열운동을 보면 액체분자들은 한평형자리에서 얼마간 진동하다가 다른 평형자리로 옮겨가 진동한다. 즉 평형자리를 옮기면서 진동한다.

따라서 액체는 일정한 체적을 유지하지만 모양을 유지하지 못하고 흐르는 성질을 가진다.

4. 기구와 재료: 영구자석, 유도선륜, 검류계, 련결도선

실험방법

① 유도선론과 검류계로 닫긴회로를 만든다.

② 자석의 한 극을 선륜속에 넣으면서 검류계의 바늘이 기울어지는것을 살펴본다. 자석을 선륜속에 넣고 움직이지 않으면 유도전류가 없다는것을 확인한다.

자석을 선륜속에서 뽑을 때 검류계의 바늘이 기울어지는것을 살펴본다. 이 실험을 통하여 닫긴회로를 지나는 자력선묶음이 변할때에만 전자기유도현상이 일어난다는것을 확증한다.

③ 자석을 선륜속에 빨리 넣거나 빨리 뽑을 때와 천천히 넣거나 천천히 뽑을 때 검류계의 바늘이 기울어지는 정도를 비교하고 전자기유도법칙을 정성적으로 확증한다.

즉 자력선묶음의 변화속도가 클수록 유도전동력은 크다는것을 알수 있다.

④ 자석의 N극을 선륜속에 넣을 때와 선륜속에서 뽑을 때 검류계의 바늘이 기울어지는 방향을 비교해본다. 자석의 극을 바꾸어 S극을 넣을 때와 뽑을 때 검류계의 바늘이 기울어지는 방향을 살펴본다.

이 실험에서 유도전류의 방향 및 유도전류가 선륜에 흘러 생긴 자기마당의 방향을 따져보고 렌즈의 규칙을 확증한다.

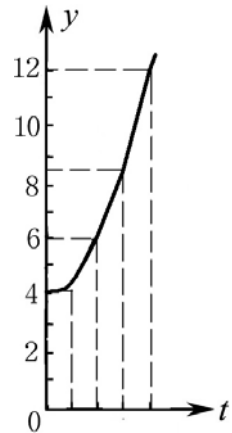



그림 56

5.

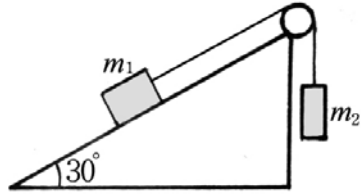
$$t_1 = 0 \rightarrow S_1 = 4$$
$$t_2 = 1 \rightarrow S_2 = 4.5$$
$$t_3 = 2 \rightarrow S_3 = 6$$
$$t_4 = 3 \rightarrow S_4 = 8.5$$
$$t_5 = 4 \rightarrow S_5 = 12$$

6. 풀이. 주어진것: $\alpha = 30°$, $m_1 = 0.3\text{kg}$, $m_2 = 0.2\text{kg}$

구하는것: a, T?

그림 57

식 2를 고치면

$$T = m_2 g - m_2 a$$

$$m_1 a = -m_2 a + m_2 g - m_1 g \sin 30°$$

$$a = \frac{m_2 g - m_1 g \sin 30°}{m_1 + m_2} = \frac{0.2 \times 9.8 - 0.3 \times 9.8 \times \frac{1}{2}}{0.3 + 0.2} = 0.98(\text{m/s}^2)$$

$$T = m_2(g - a) = 0.2(9.8 - 0.98) \approx 1.8(\text{N})$$

답. 0.98m/s^2, 1.8N

7. 풀이. 주어진것: $m_{풀} = 27\text{g} = 27 \times 10^{-3}\text{kg}$, $m_{물} = 400\text{g} = 0.4\text{kg}$

$m_{알} = 2\text{g} = 2 \times 10^{-3}\text{kg}$, $c_{풀} = 630\text{J/(kg·℃)}$

$t_0 = 20℃$, $t_{알} = 1\text{min} = 60\text{s}$, $\eta = 25\%$

$q_{알} = 27.17 \times 10^6\text{J/kg}$, $L = 2.25 \times 10^6\text{J/kg}$,

구하는것: t?

$$m_{풀} c_{풀}(100 - t_0) + m_{물} c_{물}(100 - t_0) + L m_{물} = q_{알} m_{알} t \eta$$

$$t = \frac{m_{풀} c_{풀}(100 - t_0) + m_{물} c_{물}(100 - t_0) + L m_{물}}{q_{알} m_{알} \eta} =$$

$$=\frac{27\times10^{-3}\times630\times80+0.4\times4\,00\times80+2.25\times10^{6}\times0.4}{27.17\times10^{6}\times2\times10^{-3}\times0.5}=$$

$$=\frac{1\,360.8+134\,400+900\,000}{27.17\times10^{3}}=$$

$$=38.1$$

답. 약 38min

8. **풀이.** 주어진것: $h=2m,\quad H=6m,\quad x=10m,\quad \alpha=30°$

구하는것: v_0?

각을 지어던진 물체의 운동자리길방정식을 리용하여 v_0 을 구하면 된다.

$$y=\tan\alpha\cdot x-\frac{gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha}$$

$$v_0^2=\frac{gx^2}{2\cos^2\alpha(\tan\alpha\cdot x-y)}$$

$$v=\sqrt{\frac{gx^2}{2\cos^2\alpha\left[\tan\alpha\cdot x-(H-h)\right]}}=$$

$$=\sqrt{\frac{98}{2\cdot\frac{3}{4}\left(\frac{10}{\sqrt{3}}-4\right)}}=\sqrt{\frac{980}{26.7}}\approx19.2$$

답. 약 19.2m/s

9. **풀이.** 주어진것: $R=60\,\Omega,\quad L=0.2\text{H},\quad \nu=60\text{Hz},\quad U=220\text{V}$

구하는것: P?, C?

$$P=\frac{U^2}{Z}\cdot\cos\varphi=\frac{U^2}{\sqrt{R^2+4\pi^2\nu^2L^2}}=$$

$$=\frac{48\,400}{\sqrt{3\,600+5\,679.1}}\times0.623=$$

$$=502.4\times0.623\approx313(\text{W})$$

여기서 $\cos\varphi=\frac{R}{Z}=\frac{R}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}=0.623$

$\cos\varphi=1$로 되자면 $WL-\frac{1}{\omega C}=0$

$$C=\frac{1}{\omega^2 L}=\frac{1}{4\pi^2\nu^2 L^2}=\frac{1}{4\times 3.14^2\times 3\,600\times 0.2}=35.2(\mu F)$$

답. 313W, 35.2μF

10. **풀이.** 주어진것: $x_1=10\text{m}$, $x_2=16\text{m}$

$T=0.04\text{s}$, $v=350\text{m/s}$

구하는것: $\Delta\varphi$?

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\Delta x=\frac{2\pi}{vT}\cdot|x_1-x_2|=\frac{2\cdot 3.14(16-10)}{350\times 0.04}=\frac{6.28\times 6}{14}=2.69(\text{rad})$$

답. 2.69rad

2009년

1안

1. ① 운동에르기-물체가 운동하기때문에 가지는 에네르기

② 튐성-변형된 물체가 처음상태로 되돌아가려는 성질

③ 굴음마찰력-한 물체가 다른 물체의 우로 굴러갈 때 그 물체의 운동을 방해하는 마찰력

④ 등온법칙- 도가 일정할 때 기체의 압력과 체적은 거꿀비례관계에 있다는것 즉 PV=일정

⑤ 자체유도-도체자체에 흐르는 전류의 변화에 의하여 그 도체에서 일어나는 전자기유도

2. ① 중력중심을 지나는 드림선이 받침면을 지나도록 하기 위해서이다.

② 이 경우 각이한 진동수를 가지는 전자기파들이 만들어져 TV안테나에 부딪치는데 그중에서 진동회로의 고유진동와 같은 진동수를 가지는것들이 공진을 일으키기때문이다.

③ 차이가 없다. 소리의 높이는 진동수에 관계된다. 음원과 관측자가 움직이지 않는 한 도플러효과가 나타나지 않기때문에 진동수는 달라지지 않는다.

④ 흰색과 노란색이다. 초불이나 백열등은 노란색빛이 많이 포함되여있기때문에 모든 빛을 다 반사하는 흰색물체도 노랗게 보이며 노란색빛은 다른 색빛을 다 흡수하지만 노란빛을 반사하기때문이다.

⑤ 겨울조건이므로 밖의 온도가 안의 온도보다 낮고 따라서 안경알의 온도도 낮다. 방안의 수증기는 불포화상태이지만 안경알의 온도가 이슬점보다 낮으면 알가까이의 수증기가 포화상태로 되여 응결되므로 알이 흐려져 앞이 보이지 않기때문이다.

3. $F=F_1+F_2,\ \ kx=k_1x_1+k_2x_2,\ \ x=x_1=x_2$ 따라서 $k=k_1+k_2$

4. 물속의 한 점 O에서 하늘을 바라본다고 하면 밖의 A, B, C, D에서 AA_1, BB_1, CC_1, DD_1, EE_1방향으로 물면에 입사한 빛이 물속으로 굴절하여 A_1O, B_1O, C_1O, D_1O, E_1O의 방향으로 눈 O에 들어온다.

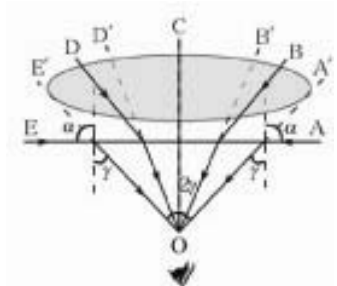



그림 58

그러면 눈은 A, B, C, D를 A′, B′, C′, D′, E′에 있는것으로 본다. 즉 O를 정점으로 하고 A′O와 E′O를 경계면으로 하는 원뿔안의 공간으로만 하늘이 보인다. 즉 이 경계면밖으로는 물면바닥에서 전반사되여 나오는 빛이 눈에 들어온다. 이 빛은 매우 약하기때문에 원뿔안의 공간은 밝게 보이고 원뿔밖의 가장자리는 어둡게 보인다. 하늘이 쳐다보는 시각의 범위는 $2\alpha_{림}$이다.

5. 두선으로 흐르는 전류의 세기는 같고 방향은 반대이다. 왼손의 규칙을 리용하면 서로 민다는것을 알수 있다.

6. 1) 압정으로 흰 종이를 4각형판에 붙인다. 4각형판 을 실험대우에 셔평으로 놓고 용수철(또는 고무줄)의 한끝을 점A에 바늘로 고정시킨다.(그림 59의 ㄱ)

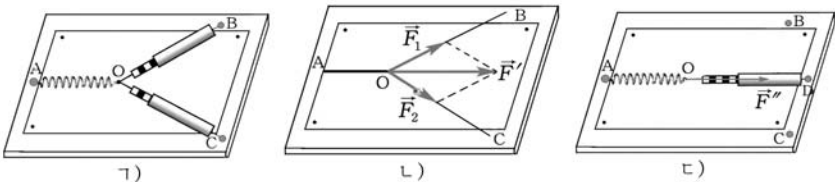



그림 59

2) 두 측력계를 용수철의 다른 끝의 걸개고리에 걸고 각을 지어 당긴다. 이때 측력계는 수평방향으로 당겨야 한다. 그리고 두 측력계의 손잡이고리를 바늘로 판에 고정시키고 고정점 BC를

표시한다. 동시에 측력계들이 가리키는 눈금을 읽는다. 한편 용수철이 늘어난 자리 O를 표시한다.

3) 용수철의 걸개고리에서 측력계를 벗기고 자와 연필로 힘의 작용점 O로부터 두 측력계의 힘의 방향 OB, OC에 따라 힘의 작용선을 긋는다. 그리고 측력계들이 가리키는 값에 따라 힘 F_1, F_2,을 화살로 표시한다. 다음 F_1와 F_2을 두변으로 하는 평행4변형을 그리고 점 O를 지나는 대각선을 그어 합력 F를 화살로 표시한다.(그림 59의 ㄴ)

4) 하나의 측력계를 용수철의 걸개고리에 걸어 끝이 O점에 일치하도록 당기고 측력계의 손잡이고리를 바늘로 고정하고 고정점 D를 표시한다.(그림 59의 ㄷ)

5) 동시에 측력계가 가리키는 값을 읽는다. 그리고 OD방향으로 힘의 작용선을 긋고 측력계가 가리킨 값에 따라 측력계가 당기는 힘 F'를 화살로 표시한다.

6) 힘 F'가 평형4변형법에 따라 구한 합력 F와 크기및 방향이 같은가 따져본다.

7) 힘 F_1, F_2 사이각을 변화시키면서 우와 같은 방법으로 실험을 되풀이한다.

8) 실험에서 구한 값들을 다음과 같은 결론에 맞는가 따져본다.

- 두 힘 F_1, F_2의 작용효과와 꼭같은 효과를 나타내는 하나의 힘은 F (또는 F')이다.
- 합력 F는 두 힘 F_1, F_2을 두변으로 하는 평행4변형의 대각선과 크기및 방향이 같은 힘이다.
- 두 힘사이의 각이 작아질수록 합력이 커진다.

7. 풀이. 주어진것: $U_{AB}=1\text{V}$, 매저항 $4\,\Omega$

구하는것: $I_1 \sim I_6$?, $U_1 \sim U_6$?

C와 D점의 전위가 같으므로 R_3은 저항의 역할을 못한다.

ACB회로의 저항은 $R_1+R_2=8\Omega$

총저항은 $\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1+R_2}+\dfrac{1}{R_4+R_5}+\dfrac{1}{R_6}$ $\qquad R=2\,\Omega$

$$I_{AB}=U_{AB}/R=\frac{1}{2}\text{A},\quad I_6=U_{AB}/R_6=\frac{1}{4}\text{A}$$

ACB회로의 ADB회로로 흐르는 전류의 세기는

$$\frac{(I_{AB}-I_6)}{2}=\frac{1}{8}\text{A}$$

$$I_1=I_2=I_4=I_5=\frac{1}{8}\text{A}$$

$$U_1=I_1R_1=\frac{1}{2}\text{V},\quad U_1=U_2=U_4=U_5=\frac{1}{2}\text{V}$$

답. $I_1=I_2=I_4=I_5=\frac{1}{8}\text{A}$， $U_1=U_2=U_4=U_5=\frac{1}{2}\text{V}$

$I_6=\frac{1}{4}\text{A}$， $U_6=1\text{V}$， $I_3=0\text{V}$， $U_3=0\text{V}$

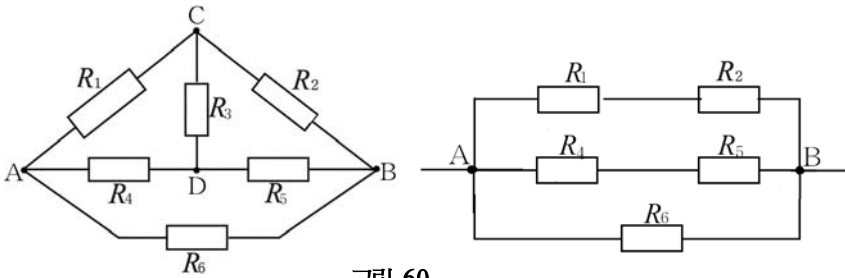



그림 60

8. 풀이. 주어진것： $h_0=200\text{m}$， $V=144\text{km/h}$， $t=5\text{s}$

$g=10\text{m/s}^2$， $\alpha=30°$

구하는것： L？

$V_x=V\cos\alpha=20\sqrt{3}(\text{m/s})$

$V_y=V\sin\alpha=20(\text{m/s})$

$t_0=5s$ 동안 비행한 거리를 S 라고 하면 $S=V_0t=200(\text{m})$

$h_1=S\cdot\sin\alpha=100(\text{m})$

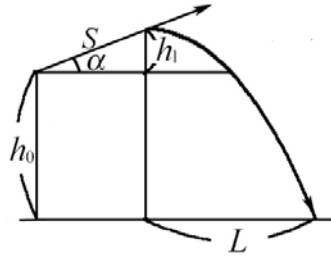
떨어지는데 걸린 시간을 t 라고 하면

$$h_0+h_1=-V_{yt}+\frac{1}{2}gt^2$$

그림 61

$300=-20t+5t^2$， $t^2-4t-60=0$ $t=2\pm\sqrt{64}$， $t=10(\text{s})$

$$I=V_xt=20\sqrt{3}\cdot10=200\sqrt{3}(\text{m})$$

2안

1. ① 중력의 자리에네르기-물체가 높은데 있기때문에 가지는 에네르기
   ② 취성-변형시키면 부러지거나 깨지는 성질
   ③ 미끄럼마찰력-한 물체가 다른 물체와 맞닿아서 미끄러질 때 맞닿은 면에서 생기는 마찰력
   ④ 등적법칙-기체의 체적이 일정할 때 온도를 1℃만큼씩 높이면 기체의 압력이 0℃때 압력의 1/273만큼씩 커진다.

$$P = P_0 + \frac{P_0}{273}$$

   ⑤ 호상유도-1차선륜에 변하는 전류가 흐를 때 그 가까이에 있는 다른 2차선륜에 유도전류가 흐르는 현상
2. ① 두발로 땅우에 있을때보다 받침면이 작아져 중력중심을 지나는 드림선이 받침면밖으로 나가기 쉽기때문이다.
   ② TV안테나를 더 높이 세운다. TV방송에 쓰이는 전자기파의 파장이 짧아 잘 에돌지 못하고 직선으로 전파되므로 먼곳에서도 시청하자면 높이 세워야 한다.
   ③ 고동이 울리기 시작할 때에는 소리높이가 점점 커지고 끝날 때에는 점점 작아진다. 시작할 때에는 진동수(소리판의 회전수)가 0으로부터 커지기 시작하고 끝날 때에는 점점 작아지기때문이다.
   ④ 갈라지지 않는다. 창문유리는 평행평판유리이다. 따라서 유리판의 첫 경계면에서 굴정되고 다시 둘째 경계면에서 굴절되여 모든 빛선이 처음 입사방향으로 나가기때문이다.
   ⑤ 물과 수증기는 온도가 같아도 내부에네르기가 수증기가 더 크기때문이다. 수증기가 피부에 닿으면 응결되면서 증발열을 내보내기때문에 화상이 더 심하다.

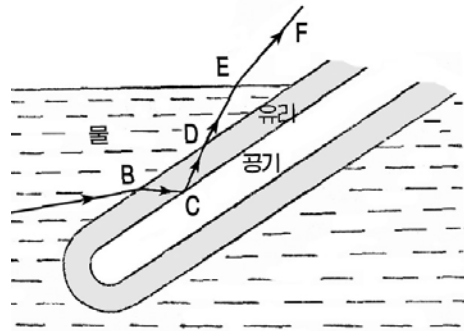



그림 62

3. $x = x_1 + x_2$, $F/k = F/k_1 + F/k_2$, $1/k = 1/k_1 + 1/k_2$
4. 안벽유리와 시험관속의 공기의 경계면에서 전반사가 일어나기때문이다. 시험관둘레에서 란반사한 빛이 AB방향으로 시험관걸

벽 B에 입사하면 시험관유리속으로 굴절되여 들어가 안벽 C를 지나 관안의 공기속으로 굴절하게 된다. 그런데 시험관유리는 공기보다 광학적으로 밴 물질이므로 입사각이 림계각보다 크면 전반사하여 C, D, E, F를 따라 퍼지다가 눈에 들어오면 관안벽이 거울처럼 보인다.

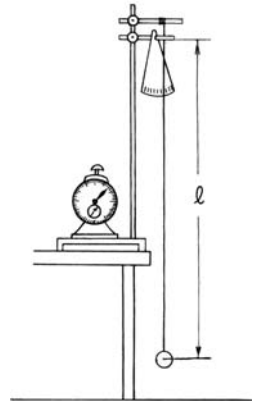
5. 용수철이 줄어든다. 매개 라선줄에 흐르는 전류의 방향이 같기 때문이다. 튐힘과 비길 때까지 줄어든다.(그림을 그리고 왼손의 규칙으로 설명)

6. 1) 흔들이를 만들고 흔들이의 길이 L을 잰다. 길이는 길게 하는 것이 좋다.(1∼2m이상) 길이를 길게 하려면 실험대의 모서리에 고정대를 놓고 추가 실험대의 아래까지 내려오게 한다.
먼저 실의 길이를 재고 다음 추의 직경을 노기스로 잰다. 그리고 실의 길이에 추의 반경을 더하여 흔들이의 길이를 구한다.실은 가볍고 질기며 늘어나지 않는것으로 한다.

2) 흔들이를 작은 기울임각(5°보다 크지 않게)으로 기울였다가 놓아 진동하게 하고 n번 진동하는데 걸리는 시간 t을 잰다.
그리고 $T=n/t$에 의하여 주기를 결정한다. 이 실험의 정확도는 주기를 정확히 재는데 달려있다. 그러므로 진동하는 회수 n을 50∼100번정도로 하고 주기는 소수점아래 2자리까지 계산한다.

그림 63

3) 흔들이의 길이를 달리하고 같은 방법으로 실험을 되풀이한다.

4) 잰 값으로 중력가속도값을 계산한다.
평균오차, 절대오차, 상대오차를 계산한다.
실험결과를 다음과 같이 표시한다.

$$g=\bar{g}\pm\Delta\bar{g}\ (\mathrm{m/s^2}),\ \text{상대오차}\ \delta_g=\frac{\Delta\bar{g}}{g}\ (\%)$$

7. C와 D점의 전위가 같으므로 R_3은 저항의 역할을 못한다. 따라서 등가회로를 그리면 ADB회로의 저항은 $R_1+R_4=4\,\Omega$
ACB회로의 저항은 $R_2+R_5=4\Omega$

총저항은 $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1+R_4}+\frac{1}{R_2+R_5}$ $R=2\,\Omega$

$$I_{AB}=U_{AB}/R=\frac{1}{2}\text{A}$$

ADB회로와 ACB회로로 흐르는 전류의 세기는 같으므로

$$\frac{I_{AB}}{2}=\frac{1}{4}\text{A}\,,\quad U_1=I_1R_1=\frac{1}{2}\text{V},\quad U_1=U_2=U_4=U_5=\frac{1}{2}\text{V}$$

$$U_1=U_2=U_4=U_5=\frac{1}{2}\text{V},\quad U_3=0$$

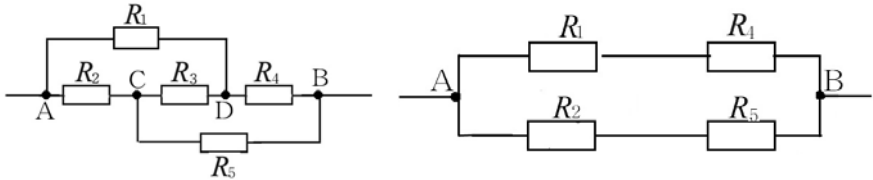



그림 64

답. $I_1=I_2=I_5=I_4=\frac{1}{4}\text{A},\quad I_3=0$

8. 풀이. 주어진것: $h_0=440m,\quad t_0=5s,\quad g=10m/s^2$

$\alpha=60°\;,\quad v=288\text{km/h}=80\text{m/s}$

구하는것: L?

$$V_x=V\sin\alpha=40\sqrt{3}\ (\text{m/s})$$

$$V_y=V\cos\alpha=40\ (\text{m/s})$$

$t=5\text{s}$ 동안 비행한 거리를 S 라고 하면 $S=v\,t_0=400\ (\text{m})$

$$h_1=S\cdot\cos\alpha=200\,(\text{m})$$

폭탄이 떨어지는데 걸리는 시간을 t 라고 하면

$$h-h_0=v_{yt}+\frac{1}{2}gt^2$$

그림 65

$$240=40t+5t^2\,,\quad t^2+8t-48=0$$

$$t=-4\pm\sqrt{64}\,,\quad t=4(\text{s})$$

$$L=v_xt+S\cdot\sin\alpha=160\sqrt{3}+200\sqrt{3}=360\sqrt{3}\ (\text{m})$$

답. $360\sqrt{3}$ m

찾아보기

전자기파의 속도
전자반도체(n형반도체)
전자방출
전자볼트(eV)
전자석
전자선관
전자전류
전자의 파동성
전지의 련결
전해질
전화기
전압
전위
전원
절대온도
절연내압
정반사
정상상태
정상전류
정상파
정상흐름
정전기유도
정지마찰력
중력
중력가속도
중력중심
중력의 자리에네르기
중성자
중성자탄
쥴의 법칙
증발과 응결
증발열
지레
지표파
직류
직선운동
직선전류의 자기마당
직진파
직충돌
진동
진동수
진동식
진동주기
진동회로
진폭
질량
질량결손
질량과 속도사이의 관계
질량과 에네르기사이의 관계
질점
질점흔들이의 진동주기

[ㅊ]
찬빛
초고압
초류동현상
초전도현상
초음파
축전기
축전기의 련결
충격과 완충
충돌결수(반발결수)
최대정지마찰력
코로나방전
큐리온도
키르히호프의 법칙

중학교학생들을 위한 물리학습참고서

집 필 최윤섭, 부교수 안승포
심 사 한남수, 김길준, 계영작, 정현일
편 집 및 콤퓨터편성 김경희
교 정
낸 곳 교육도서출판사
인쇄소 교육도서인쇄공장
인 쇄 주체 98(2009)년 월 일
발 행 주체 98(2009)년 월 일

교 부 원